

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

08.7.2004

REC'D 02 SEP 2004

WIPO

PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年 6月17日

出願番号
Application Number: 特願2003-172045
[ST. 10/C]: [JP 2003-172045]

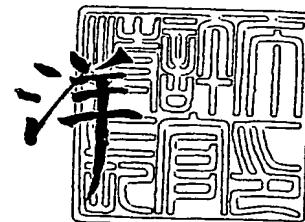
出願人
Applicant(s): ニッタ株式会社

PRIORITY
DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 8月19日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願

【整理番号】 30617033

【提出日】 平成15年 6月17日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01L 1/18

【発明の名称】 多軸センサ

【請求項の数】 13

【発明者】

【住所又は居所】 奈良県大和郡山市池沢町 1 7 2 番地 ニッタ株式会社奈良工場内

【氏名】 森本 英夫

【特許出願人】

【識別番号】 000111085

【氏名又は名称】 ニッタ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100089196

【弁理士】

【氏名又は名称】 梶 良之

【選任した代理人】

【識別番号】 100104226

【弁理士】

【氏名又は名称】 須原 誠

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014731

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9407223

【包括委任状番号】 0000300

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 多軸センサ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 外部から加わった多軸の力、モーメント、加速度、角加速度のいずれか 1 つまたは複数を計測する多軸センサにおいて、

一平面上に配置された複数の歪みゲージを備えていることを特徴とする多軸センサ。

【請求項 2】 複数の前記歪みゲージが取り付けられるダイヤフラムをさらに備えていることを特徴とする請求項 1 に記載の多軸センサ。

【請求項 3】 前記ダイヤフラムは前記多軸センサの中心点を中心に等角度おき、かつ前記中心点から等距離に配置されていることを特徴とする請求項 2 に記載の多軸センサ。

【請求項 4】 前記角度は 90 度であることを特徴とする請求項 3 に記載の多軸センサ。

【請求項 5】 前記ダイヤフラムは、前記中心点を原点とする X 軸および Y 軸上の正方向および負方向にそれぞれ配置されていることを特徴とする請求項 4 に記載の多軸センサ。

【請求項 6】 前記角度は 120 度であることを特徴とする請求項 3 に記載の多軸センサ。

【請求項 7】 前記ダイヤフラムの薄肉部は円環形状で 8 個の前記歪みゲージを備えていると共に、前記歪みゲージの配置位置は、前記ダイヤフラムの中心点と前記多軸センサの中心点とを結ぶ線上において前記ダイヤフラムの外縁部と内縁部、および前記ダイヤフラムの中心点における前記線の垂直線上において前記ダイヤフラムの外縁部と内縁部であることを特徴とする請求項 2～6 に記載の多軸センサ。

【請求項 8】 前記歪みゲージを備えるダイヤフラムを有する第 1 部材と、前記ダイヤフラムに対向して前記歪みゲージを備えないダイヤフラムを有する第 2 部材と、対向する前記ダイヤフラム同士を連結する中心軸とを備えると共に、前記第 1 部材と前記第 2 部材との間に作用する多軸の力およびモーメントを計測

することを特徴とする請求項 2～7 に記載の多軸センサ。

【請求項 9】 前記歪みゲージを備えるダイヤフラムを有する第 1 部材と、前記ダイヤフラムに対向して前記歪みゲージを備えるダイヤフラムを有する第 2 部材と、対向する前記ダイヤフラム同士を連結する中心軸とを備えると共に、前記第 1 部材と前記第 2 部材との間に作用する多軸の力およびモーメントを計測することを特徴とする請求項 2～7 に記載の多軸センサ。

【請求項 10】 前記第 1 部材の前記歪みゲージと前記第 2 部材の前記歪みゲージとは、多軸センサの中心点を中心に対称位置に配置されていることを特徴とする請求項 9 に記載の多軸センサ。

【請求項 11】 前記第 1 部材の前記歪みゲージと前記第 2 部材の前記歪みゲージとの各出力のうち、いずれか一方の出力信号が所定範囲外であるときは他方の出力信号を採用することを特徴とする請求項 10 に記載の多軸センサ。

【請求項 12】 前記歪みゲージを備えるダイヤフラムと、前記ダイヤフラムの中央部に設けられた作用体とを備えると共に、該多軸センサに作用する多軸の加速度および角加速度を計測することを特徴とする請求項 2～7 に記載の多軸センサ。

【請求項 13】 前記歪みゲージはピエゾ抵抗素子であることを特徴とする請求項 1～12 に記載の多軸センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、第 1 部材と第 2 部材とに外部から加わった多軸の力、モーメント、加速度、角速度のいずれかを計測することができる多軸センサに関する。

【0002】

【従来の技術】

特許文献 1 には、図 36 に示すように、一对の対向する円形プレートから成る第 1 部材 100 および第 2 部材 101 と、これら第 1 部材 100 および第 2 部材 101 を連結する環状のブリッジ要素 102 と、各ブリッジ要素 102 に取り付けられた歪みゲージとを備えた力-モーメントセンサ 103 が記載されている。

【0003】

このセンサ103ではブリッジ要素102が第1部材100および第2部材101に対して垂直に設けられる。歪みゲージはブリッジ要素102の外周面あるいは孔104の内面に接着により取り付けられる。そして、第1部材100および第2部材101の間に加わった力やモーメントにより各ブリッジ要素102の円環形状がどの方向にどれだけ歪むかを検出することにより加わった力やモーメントを算出するようにしている。

【0004】

【特許文献1】

特開昭63-78032号公報（図1、第5頁右下欄第12行～第6頁左上欄第14行、第7頁左上欄第20行～右上欄第12行）

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

特許文献1に記載の技術では、歪みゲージの取り付けられるセンサ起歪体であるブリッジ要素102が複雑な3次元形状をしているので、第1部材100および第2部材101とブリッジ要素102とを組み立てたり加工するコストが高くなってしまふ。また、歪みゲージをブリッジ要素102の曲面などに3次元的に取り付けなければならないので、取り付け作業の時間が長くなり量産性が悪くコスト高を招いてしまふ。

【0006】

そこで、本発明の目的は、センサ起歪体を簡易な形状にできると共に歪みゲージの取り付け作業を簡単にできる多軸センサを提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明の多軸センサは、外部から加わった多軸の力、モーメント、加速度、角加速度のいずれか1つまたは複数を計測する多軸センサにおいて、一平面上に配置された複数の歪みゲージを備えている（請求項1）。

【0008】

この構成によると、各歪みゲージは一平面上に配置されているので、従来のよ

うに歪みゲージをブリッジ要素の曲面などに3次元的に取り付ける場合に比べて取り付け作業の時間を短縮することができる。したがって、量産性を良くしてコストを下げるようになる。

【0009】

本発明において、複数の前記歪みゲージが取り付けられるダイヤフラムをさらに備えていることが好ましい（請求項2）。この構成によると、歪みゲージの取り付けられるセンサ起歪体が簡易な形状になるので、多軸センサを組み立てるコストを下げる事が出来る。

【0010】

本発明において、前記ダイヤフラムは前記多軸センサの中心点を中心に等角度おき、かつ前記中心点から等距離に配置されていることが好ましい（請求項3）。この構成によると、各ダイヤフラムの歪みゲージの抵抗値の変化から比較的簡易な計算により多軸の力、モーメント、加速度、角加速度を算出することができる。

【0011】

本発明において、前記角度は90度であることが好ましい（請求項4）。この構成によると、多軸センサの中心点を原点とする直交座標のX軸およびY軸での力、モーメント、加速度、角加速度を容易に算出することができる。

【0012】

本発明において、前記ダイヤフラムは、前記中心点を原点とするX軸およびY軸上の正方向および負方向にそれぞれ配置されていることが好ましい（請求項5）。この構成によると、X軸およびY軸での力、モーメント、加速度、角加速度を極めて容易に算出することができる。

【0013】

本発明において、前記角度は120度であることが好ましい（請求項6）。この構成によると、3個のダイヤフラムで多軸の力、モーメント、加速度、角加速度を算出することができるので、多軸センサの構成を更に簡易化することができる。

【0014】

本発明において、前記ダイヤフラムの薄肉部は円環形状で8個の前記歪みゲージを備えていると共に、前記歪みゲージの配置位置は、前記ダイヤフラムの中心点と前記多軸センサの中心点とを結ぶ線上において前記ダイヤフラムの外縁部と内縁部、および前記ダイヤフラムの中心点における前記線の垂直線上において前記ダイヤフラムの外縁部と内縁部であることが好ましい（請求項7）。

【0015】

この構成によると、ダイヤフラムの中で最も歪みが大きい部位に歪みゲージを取り付けることができるので、感度を高めることができる。

【0016】

本発明において、前記歪みゲージを備えるダイヤフラムを有する第1部材と、前記ダイヤフラムに対向して前記歪みゲージを備えないダイヤフラムを有する第2部材と、対向する前記ダイヤフラム同士を連結する中心軸とを備えると共に、前記第1部材と前記第2部材との間に作用する多軸の力およびモーメントを計測することが好ましい（請求項8）。

【0017】

この構成によると、一平面のみに歪みゲージを取り付けるだけで多軸の力およびモーメントを計測することができる。

【0018】

本発明において、前記歪みゲージを備えるダイヤフラムを有する第1部材と、前記ダイヤフラムに対向して前記歪みゲージを備えるダイヤフラムを有する第2部材と、対向する前記ダイヤフラム同士を連結する中心軸とを備えると共に、前記第1部材と前記第2部材との間に作用する多軸の力およびモーメントを計測することが好ましい（請求項9）。

【0019】

この構成によると、同じ力あるいはモーメントの成分を示す電気信号が独立して2系統存在するので、センサ出力を二重化して高精度化を図ることができる。

【0020】

本発明において、前記第1部材の前記歪みゲージと前記第2部材の前記歪みゲージとは、多軸センサの中心点を中心に対称位置に配置されていることが好まし

い（請求項10）。この構成によると、2系統の電気信号を対等に扱うことができるので、精度が更に高くなる。

【0021】

本発明において、前記第1部材の前記歪みゲージと前記第2部材の前記歪みゲージとの各出力のうち、いずれか一方の出力信号が所定範囲外であるときは他方の出力信号を採用することが好ましい（請求項11）。

【0022】

この構成によると、何らかの理由で歪みゲージが異常を起こしたときに他方の歪みゲージを利用して、多軸センサの利用を続行することができる。よって、極めて信頼性の高い制御システムを構築することができる。

【0023】

本発明において、前記歪みゲージを備えるダイヤフラムと、前記ダイヤフラムの中央部に設けられた作用体とを備えると共に、該多軸センサに作用する多軸の加速度および角加速度を計測することが好ましい（請求項12）。

【0024】

この構成によると、一平面のみに歪みゲージを取り付けるだけで多軸の加速度および角加速度を計測することができる。

【0025】

本発明において、前記歪みゲージはピエゾ抵抗素子であることが好ましい（請求項13）。この構成によると、ピエゾ抵抗素子は箔歪みゲージに比べてゲージ率が10倍以上大きいので、箔歪みゲージを利用する場合に比べて感度を10倍以上大きくすることができる。

【0026】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の好適な実施の形態について、図面を参照しつつ説明する。

【0027】

図1（A）は、本発明の第1の実施の形態による多軸センサ1を第2部材3側からZ軸方向に透視したときの歪みゲージの配置を描いた平面図であり、図1（B）は多軸センサ1の中央縦断面正面図である。図1において、多軸センサ1は

、第 1 部材 2 と第 2 部材 3 とに外部から加わった多軸の力、モーメント、加速度、角加速度のいずれかを計測するものである。この多軸センサ 1 は、一平面上に配置された複数の歪みゲージ R 1 1 ~ R 4 8 を備えている。第 1 部材 2 および第 2 部材 3 は円盤形状のフランジから成る。歪みゲージ R 1 1 ~ R 4 8 は第 1 部材 2 の表側面 2 a のみに取り付けられている。

【 0 0 2 8 】

第 1 部材 2 および第 2 部材 3 は、それぞれ対向する 4 つのダイヤフラム 4 , 5 , 6 , 7 を備えている。各ダイヤフラム 4 ~ 7 は薄肉状にされている。各ダイヤフラム 4 ~ 7 の中央部には中心軸 8 が設けられている。互いに向き合うダイヤフラム 4 ~ 7 の中心軸 8 同士がボルト 9 により連結されている。これにより、第 1 部材 2 と第 2 部材 3 とが一体化されている。また、各ダイヤフラム 4 ~ 7 は中心軸 8 を備えていることにより薄肉部が円環形状となっている。

【 0 0 2 9 】

ダイヤフラム 4 ~ 7 は多軸センサ 1 の中心点 O を中心に等角度おき、かつ中心点 O から等距離に配置されている。ここでは、9 0 度おきに配置されている。さらに、ダイヤフラム 4 ~ 7 は、中心点 O を原点とする X 軸および Y 軸上の正方向および負方向にそれぞれ配置されている。よって、この多軸センサ 1 は 3 次元空間の直交する 3 軸の力とその軸回りのモーメントを測定するための 6 軸力覚センサとして機能する。また、原点 O から第 1 部材 2 側への垂直線を Z 軸としている。図 2 に、X 軸、Y 軸、Z 軸の方向と、各軸に対するモーメント M_x 、 M_y 、 M_z の方向を示す。

【 0 0 3 0 】

各ダイヤフラム 4 ~ 7 は 8 個の歪みゲージを備えている。歪みゲージ R 1 1 ~ R 4 8 の配置位置は、図 1 (A) に示すように第 1 部材 2 の X 軸と Y 軸の各々においてダイヤフラム 4 ~ 7 の薄肉部分の外縁部と内縁部である。すなわち、歪みゲージ R 1 1 ~ R 4 8 は多軸センサ 1 において最も大きな歪みが発生する場所に貼り付けられている。なお、歪みゲージのリード線の図示は省略している。

【 0 0 3 1 】

歪みゲージ R 1 1 ~ R 4 8 としては、金属箔歪みゲージや金属線歪みゲージを

用いている。歪みゲージ R 1 1 ~ R 4 8 は一種の抵抗体であり、歪みの発生する場所に貼り付けて使用する検出素子である。歪みの発生により抵抗値が変化することにより、歪み ϵ を測定することができる。一般には、引張りによる歪み ϵ に対しては抵抗値が大きくなり、圧縮による歪み ϵ に対しては抵抗値が小さくなる比例特性を持っている。また、通常は材料が歪み ϵ に対して応力 σ が比例する弾性域で使用する。本実施形態でも第 1 部材 2 の弾性域で使用するものとしている。

【0032】

各ダイヤフラム 4 ~ 7 は大きさや厚さを同じにしている。このため、剛性が等しくなる。これにより、例えば図 3 に示すように、第 1 部材 2 と第 2 部材 3 と中心軸 8 とが全体として平行四辺形の四辺を構成するように変位するとき、各ダイヤフラム 4 ~ 7 に力の方向や大きさに応じた歪みが歪みゲージ R 1 1 ~ R 4 8 に発生するようになるので、力やモーメントを高精度に検出することができる。なお、歪みゲージの取り付け作業を簡易にしたり歪みゲージの保護を図るために、取り付け位置に段差を設けてもよい。また、ダイヤフラム 4 ~ 7 以外の部分には他の部材への取り付け用のタップ穴を形成してもよい。また、第 1 部材 2 と第 2 部材 3 とは、中心軸 8 同しがボルト 9 により連結されているが、ボルト 9 を使用せず、直接一体切削加工して形成してもよいし、溶接により中心軸 8 同しを接合してもよい。

【0033】

次に、各軸方向ごとに力とモーメントを検出する原理を説明する。以下、第 1 部材 2 を固定し、第 2 部材 3 に力やモーメントが作用するものとする。

【0034】

図 3 に、X 軸方向の力 F_x を加えたときの状態を示す。このときは、第 1 部材 2 および第 2 部材 3 の全てのダイヤフラム 4 ~ 7 が図示したように変位し、歪みが検出される。図 4 に歪みゲージ R 1 1 ~ R 4 8 の変化を示す。図中、(+) は抵抗値の増加を、(-) は抵抗値の減少を示す。どちらの記号も無い歪みゲージは抵抗値の変化が殆ど無い。

【0035】

次に、Y軸方向の力 F_y を加えたときは、X軸方向の力 F_x を加えたときの状態を90度ずらして考えればよいので、ここでは省略する。

【0036】

図5にZ軸方向の力 F_z を加えたときの多軸センサ1の状態を示す。図6に、このときの各歪みゲージの変化を示す。

【0037】

図7にX軸のモーメント M_x を加えたときの多軸センサ1の状態を示す。図8に、このときの各歪みゲージの変化を示す。

【0038】

次に、Y軸のモーメント M_y を加えたときは、X軸のモーメント M_x を加えたときの状態を90度ずらして考えればよいので、ここでは省略する。

【0039】

Z軸のモーメント M_z を加えたときは、第2部材3をZ軸を中心に回転させる。図9に、このときの各歪みゲージの変化を示す。

【0040】

表1に上述した各力およびモーメントに対する歪みゲージ $R_{11} \sim R_{48}$ の変化を示す。表中、+は抵抗値の増加、-は抵抗値の減少を示し、符号無しは抵抗値が殆ど変化しないことを示す。また、反対方向の力やモーメントの場合は符号が逆になる。

【0041】

【表 1】

	R28		+	-	+				R48		+	-	-		
	R27		-	+	-				R47		-	+	+		
	R26		+	+	-				R46		+	+	+		
	R25		-	-	+				R45		-	-	-		
	R24	+		-	+		+		R44	+		-	-		-
	R23	-		+	-		-		R43	-		+	+		+
	R22	+		+	-		+		R42	+		+	+		-
	R21	-		-	+		-		R41	-		-	-		+
	R18		+	-		+	+		R38		+	-		-	-
	R17		-	+		-	-		R37		-	+		+	+
	R16		+	+		-	+		R36		+	+		+	-
	R15		-	-		+	-		R35		-	-		-	+
	R14	+		-		+			R34	+		-		-	
	R13	-		+		-			R33	-		+		+	
	R12	+		+		-			R32	+		+		+	
	R11	-		-		+			R31	-		-		-	
力	Fx								力	Fx					
	Fy									Fy					
	Fz									Fz					
	Mx									Mx					
	My									My					
	Mz									Mz					

【0042】

以上の性質を利用して、数式 1 の演算を行うことにより各力およびモーメントを検出することができる。

【0043】

【数 1】

$$\begin{aligned}F_x &= (R_{22} + R_{42}) - (R_{23} + R_{43}) \\F_y &= (R_{16} + R_{36}) - (R_{17} + R_{37}) \\F_z &= (R_{13} + R_{26} + R_{32} + R_{47}) - (R_{11} + R_{28} + R_{34} + R_{45}) \\M_x &= (R_{25} + R_{46}) - (R_{27} + R_{48}) \\M_y &= (R_{14} + R_{33}) - (R_{12} + R_{31}) \\M_z &= (R_{18} + R_{24} + R_{35} + R_{41}) - (R_{15} + R_{21} + R_{38} + R_{44})\end{aligned}$$

【0044】

この演算では各歪みゲージ $R_{11} \sim R_{48}$ が 1 回ずつ使用されるので無駄がなく、また電圧に変換して OP アンプで演算する場合に都合がよい。また、構造上剛性が強くなって感度が低くなる F_z および M_z については他のときの 2 倍の 8 個の歪みゲージが割り付けられるので、感度を高めることができる。なお、演算方法は数式 1 に限られないのは勿論である。

【0045】

また、数式 1 の演算は各抵抗値を既知あるいは新規の手段を用いて電圧に変換し、OP アンプで演算しても良く、あるいは AD 変換器を用いてマイクロコントローラやコンピュータを用いて演算してもよい。

【0046】

あるいは、図 10 に示すようにブリッジ回路を構成して定電圧または定電流を印加しても力およびモーメントを検出することができる。さらに、ハーフブリッジを構成して歪みゲージの数を減らしても検出することができる（図示せず）。なお、歪みゲージの組み合わせは図 10 に示したものに限られないのは勿論である。

【0047】

なお、本実施形態では各ダイヤフラム 4～7 を X 軸あるいは Y 軸上に配置しているが、これには限られない。すなわち、同じ構造の多軸センサ 1 の設置方向を変更して、各ダイヤフラム 4～7 が軸上に位置しないようにしてもよい。この場合、6 軸センサとしては機能せず、5 軸センサとなる。また、本実施形態では 6 軸センサとして使用しているが、これには限られず例えば X 軸と Y 軸の 2 方向の力だけを検出する 2 軸センサとして使用してもよい。

【0048】

次に、本発明の第2の実施の形態について、図11を参照して説明する。図11に示すように、第2の実施の形態は、歪みゲージとしてピエゾ抵抗素子10を用いている。そして、半導体製造プロセスを利用して、1つのダイヤフラムに必要なピエゾ抵抗素子10を1枚の半導体Siウェハ11に集積してダイヤフラムにダイボンディングして固定している。ピエゾ抵抗素子10は箔歪みゲージに比べてゲージ率が10倍以上大きく、箔歪みゲージを利用する場合に比べて感度を10倍以上大きくすることができる。

【0049】

次に、本発明の第3の実施の形態について、図12を参照して説明する。第3の実施の形態は、多軸センサ1の構造としては第1の実施形態と同様であるが、ブリッジの構成を変形している。図12に示すように、各ブリッジは、各ダイヤフラム4～7上に直線的に配置された4個の歪みゲージから構成されている。これにより、各ダイヤフラム4～7の歪みの発生状況が8個の電圧として直接出力されるようになる。

【0050】

この場合、数式2により演算を行って力とモーメントを算出することができる。

【0051】

【数2】

$$F_x = V_4 - V_2$$

$$F_y = V_3 - V_1$$

$$F_z = V_5 + V_6 + V_7 + V_8$$

$$M_x = V_8 - V_6$$

$$M_y = V_7 - V_5$$

$$M_z = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

【0052】

数式2の演算は各抵抗値を既知あるいは新規の手段を用いて電圧に変換し、OPアンプで演算しても良く、あるいはAD変換器を用いてマイクロコントローラやコンピュータを用いて演算してもよい。

【0053】

次に、本発明の第4の実施の形態について、図13及び図14を参照して説明する。第4の実施の形態は、第1の実施の形態と同様に第1部材2に歪みゲージR11～R48が取り付けられると共に、図13に示すように原点Oと点対称の位置に歪みゲージR111～R148が第2部材3に取り付けられている。このような機械的な対称性により、多軸センサ1に力やモーメントが加わると各ダイヤフラム4～7には力の種類に応じた対称的な歪みが発生する。すなわち、本発明の多軸センサ1が歪みゲージを一平面に配置していることから、2組の歪みゲージR11～R48、R111～R148を対称な位置に配置できるという特徴を利用したものである。

【0054】

歪みゲージR11～R48は図10と同様の回路を構成し、力 F_x 、 F_y 、 F_z およびモーメント M_x 、 M_y 、 M_z に対応した電圧 V_{fx1} 、 V_{fy1} 、 V_{fz1} 、 V_{mx1} 、 V_{my1} 、 V_{mz1} を出力するようにする。歪みゲージR111～R148についても図10と同様の回路を構成し、力 F_x 、 F_y 、 F_z およびモーメント M_x 、 M_y 、 M_z に対応した電圧 V_{fx2} 、 V_{fy2} 、 V_{fz2} 、 V_{mx2} 、 V_{my2} 、 V_{mz2} を出力するようにする。ただし、ある力やモーメントを加えた場合に、電圧 V_{fx1} 、 V_{fy1} 、 V_{fz1} 、 V_{mx1} 、 V_{my1} 、 V_{mz1} の信号の増減と、電圧 V_{fx2} 、 V_{fy2} 、 V_{fz2} 、 V_{mx2} 、 V_{my2} 、 V_{mz2} の信号の増減とが一致するように回路上の設定をしておくものとする。

【0055】

以上のように本実施形態では同じ力あるいはモーメントの成分を示す電気信号が独立して2系統存在し、センサ出力の二重化が図られている。

【0056】

図14は、各力またはモーメントを検出するブリッジの信号である V_{fx1} 、 V_{fy1} 、 V_{fz1} 、 V_{mx1} 、 V_{my1} 、 V_{mz1} 、 V_{fx2} 、 V_{fy2} 、 V_{fz2} 、 V_{mx2} 、 V_{my2} 、 V_{mz2} を増幅するためのアンプ回路12の一例である。ここでは、定格負荷の範囲では電源電圧の25～75%範囲の電圧値に

なるように調整してある。さらに、このアンプ出力はマイクロコントローラ 13 の AD 変換ポート 14 に入力してある。

【0057】

一般に歪みゲージで構成したブリッジ回路の出力の変化は数 mV と微小なためアンプなどで数百倍以上に増幅しなければならない。高感度なピエゾ抵抗素子 10 を用いても出力感度は金属箔歪みゲージの 10 倍程度である。このため、もしブリッジ回路を構成する歪みゲージが何らかの原因のために断線するようなことがあるとアンプ出力のバランスが崩れて電源電圧の下限または上限付近まで偏ってしまう。

【0058】

そこで、センサの出力信号が二重化されていることを利用して、図 14 に示すように以下の処理を行うようにする。

【0059】

アンプの電源電圧の低い方を V_{ee} 、高い方を V_{cc} とする。多軸センサ 1 が通常の使用の範囲で出力しないと考えられる電圧の小さい方を V_L とし、大きい方を V_H とする。ただし、 $V_{ee} < V_L$ 、 $V_H < V_{cc}$ で、 V_L および V_H は AD 変換した値とする。なお、 V_L と V_H は多軸センサ 1 の特性に合わせて出力ごとに決めるようにしてもよい。

【0060】

そして、X 軸方向の力 F_x の場合、マイクロコントローラで $V_L \leq V_{fx1} \leq V_H$ 、 $V_L \leq V_{fx2} \leq V_H$ か判定する (S1、S2)。両方とも範囲内であれば (S1; Yes、S2; Yes)、 V_{fx1} の信号を優先して制御信号として採用する (S3)。

【0061】

もし V_{fx1} が範囲外であれば (S1; No)、出力異常と判断して V_{fx2} を確認する (S4)。 V_{fx2} が範囲内であれば (S2; Yes)、 V_{fx1} の代わりに V_{fx2} を力 F_x の信号として処理する。 V_{fx2} も範囲外であれば (S2; No)、両方の出力が異常と判断して非常停止などの異常処理をする (S5)。

【0062】

F_x以外の力やモーメントについても同様の処理を行う。

【0063】

本実施形態によれば、出力信号を二重化することにより、一方の出力が歪みゲージの断線などによって出力異常を起こしても他方の出力を利用して多軸センサ1の利用を続行することができる。よって、極めて信頼性の高い制御システムを構築することができる。

【0064】

次に、本発明の第5の実施の形態について、図15を参照して説明する。図15は、第5の実施の形態による多軸センサ1を第2部材3側からZ軸方向に透視したときの歪みゲージR11～R38の配置を描いた平面図である。第5の実施の形態では、第1部材2および第2部材3はそれぞれ対向する3つのダイヤフラム4～6を備えている。この多軸センサ1は3次元空間の直交する3軸の力とその軸回りのモーメントを測定するための6軸力覚センサである。

【0065】

ダイヤフラム4～6は多軸センサ1の中心点Oを中心に等角度おき、かつ中心点Oから等距離に配置されている。ここでは、120度おきに配置されている。各ダイヤフラム4～6は8個の歪みゲージを備えている。歪みゲージR11～R38の配置位置は、ダイヤフラム4～6の中心点と原点Oとを結ぶ直線上においてダイヤフラム4～6の外縁部と内縁部、およびダイヤフラム4～6の中心点における上記直線の垂直線上においてダイヤフラム4～6の外縁部と内縁部として

【0066】

具体的には、歪みゲージR11～R14は原点Oを通りY軸負方向からX軸正方向に120度をなす線分OC上に配置されている。歪みゲージR31～R34は原点Oを通りY軸負方向からX軸負方向に120度をなす線分OD上に配置されている。また、歪みゲージR15～R18は線分OCと直交する方向に配置されている。歪みゲージR35～R38は線分ODと直交する方向に配置されている。歪みゲージR21～R28は第1の実施形態と同様である。

【0067】

また、歪みゲージとしては第1の実施形態と同様に金属箔歪みゲージとしたり、あるいは第2の実施形態と同様にピエゾ抵抗素子10とすることができる。その他の構成は第1の実施形態と同様であるので説明を省略する。

【0068】

本実施形態により各軸方向ごとに力とモーメントを検出する原理を説明する。以下、第1部材2を固定し、第2部材3に力やモーメントが作用するものとする。直線状に配置された4個の歪みゲージから成る歪みゲージ群は、配置された列方向に引っ張りや圧縮の歪みを加えた場合、最も歪みに対する抵抗値の変化の率が大きくなり感度が高くなる。図15に示すように6個の歪みゲージ群があるが、それぞれ最も感度が高くなる方向が異なる。しかし、各歪みゲージ群の感度をX、Y、Z軸方向のベクトルに分解して考えれば6軸成分の力やモーメントを検出することができる。

【0069】

図15に示す歪みゲージR11～R38に対して図16に示すブリッジ回路を構成し定電圧または定電流を加える。これにより、歪みゲージR15～R18でX軸正方向からY軸負方向に60度方向の力の成分を電圧V1として検出でき、歪みゲージR25～R28でX軸正方向からY軸負方向に90度方向の力の成分を電圧V2として検出でき、歪みゲージR35～R38でX軸正方向からY軸負方向に300度方向の力の成分を電圧V3として検出できる。また、R11～R14、R25～R28、R31～R34では、各ダイヤフラム4～6の中心のZ軸方向の力をそれぞれV4、V5、V6として検出できる。

【0070】

ここで、各ブリッジ回路の図16中の節点電圧をe1～e12とすると、数式3が導かれる。

【0071】

【数3】

$$V1 = e1 - e2$$

$$V2 = e3 - e4$$

$$V3 = e5 - e6$$

$$V4 = e7 - e8$$

$$V5 = e9 - e10$$

$$V2 = e11 - e12$$

【0072】

このうち $V1$ 、 $V2$ 、 $V3$ については、 X 軸と Y 軸成分のベクトルに分解して数式4のように表すことができる。

【0073】

【数4】

$$V1 = (V1X, V1Y) = (V1/2, V1 \cdot \sqrt{3}/2)$$

$$V2 = (V2X, V2Y) = (V2, 0)$$

$$V3 = (V3X, V3Y) = (V3/2, V3 \cdot \sqrt{3}/2)$$

【0074】

したがって、第2部材3に作用する X 軸方向の合力を F_x 、 Y 軸方向の合力を F_y とすると数式5のように検出することができる。

【0075】

【数5】

$$F_x = (V1/2) + V2 + (V3/2)$$

$$F_y = (V1 \cdot \sqrt{3}/2) + (V3 \cdot \sqrt{3}/2)$$

【0076】

図17に Y 軸負方向に力 F_y を加えたときのダイヤフラム5の変位の状態を示す。このとき、歪みゲージ $R25$ と $R27$ は引っ張り方向の歪みが発生して抵抗値が大きくなり、歪みゲージ $R26$ と $R28$ は圧縮方向の歪みが発生して抵抗値が小さくなる。力 F_y と直交する方向に配置された歪みゲージ $R21 \sim R24$ には殆ど歪みが発生しない。

【0077】

他の2つのダイヤフラム4, 6にもY軸方向に同様の変位や歪みが発生している。しかし、歪みゲージR11~R18、R31~R38の配置方向はX軸やY軸の方向と異なっているので、各歪みゲージの抵抗値の変化は歪みゲージR21~R28とは異なる。歪みゲージは配置された列方向に感度が最大になるように貼り付けられているので、歪みゲージR11~R18、R31~R38は力F_yの方向であるY軸と各歪みゲージ群がなす角度により感度が決定される。

【0078】

X軸方向の力F_xについても同様である。よって、X軸およびY軸方向の力は数式5により算出することができる。

【0079】

次に、図18にZ軸方向の力F_zを加えたときのダイヤフラム5の変位の状態を示す。図19に歪みゲージR11~R38の変化を示す。図16に示すブリッジ回路では、V1, V2, V3は抵抗の変化が打ち消しあって変化しない。V4, V5, V6はZ軸方向の力F_zに応じて変化する。したがって、力F_zは数式6により求めることができる。

【0080】

【数6】

$$F_z = V_4 + V_5 + V_6$$

【0081】

次に、第2部材3にモーメントM_xを加えた場合、X軸を中心に回転する力が加えられる。このため、各ダイヤフラム4~6ではZ軸方向の力F_zが加わる。ここで、図20において、モーメントM_xがダイヤフラム4, 6を図面表側から裏側に向けて押すと共に、ダイヤフラム5を図面裏側から表側に向けて引っ張るように作用したとする。原点Oからダイヤフラム4~6の中心までの距離をRとすると、ダイヤフラム4, 6の中心からX軸までの距離はR/2となり、ダイヤフラム5の中心からX軸までの距離はRとなる。したがって、X軸回りのモーメントM_xは数式7で表される。

【0082】

【数7】

$$M_x = (V_4 \cdot R/2) - (V_5 \cdot R) + (V_6 \cdot R/2)$$

【0083】

次に、第2部材3にモーメント M_y を加えた場合、ダイヤフラム4, 6の中心からY軸までの距離は $\sqrt{3}R/2$ となるので、Y軸回りのモーメント M_y は数式8で表される。

【0084】

【数8】

$$\begin{aligned} M_y &= (V_4 \cdot \sqrt{3}R/2) + V_5 \cdot 0 - (V_6 \cdot \sqrt{3}R/2) \\ &= \sqrt{3}R/2 (V_4 - V_6) \end{aligned}$$

【0085】

次に、図21にZ軸右回りのモーメント M_z を加えたときのダイヤフラム4～6の変位の状態を示す。図22に歪みゲージR11～R38の変化を示す。歪みゲージ群R15～R18、R21～R24、R35～R38は最も感度がよい方向に歪みが発生し、図16の V_1 , V_2 , V_3 が最も高感度に変化する。

【0086】

一方、歪みゲージ群R11～R14、R25～R28、R31～R34は歪みゲージの感度が最も小さくなる配列方向なので、図16の V_4 , V_5 , V_6 はほとんど変化しない。したがって、モーメント M_z は数式9で表される。

【0087】

【数9】

$$M_z = V_1 + V_2 + V_3$$

【0088】

以上に示す数式 5～数式 9 を利用して演算を行うことにより、力やモーメントを求めることができる。例えば出力電圧 $V_1 \sim V_6$ を AD 変換してマイクロコントローラやコンピュータを用いて演算してもよい。

【0089】

ここで、多軸センサ 1 への力 F_x , F_y , F_z とモーメント M_x , M_y , M_z の出力電圧を V_{fx} , V_{fy} , V_{fz} , V_{mx} , V_{my} , V_{mz} とし、多軸センサ 1 に実際に加わる荷重を F_x , F_y , F_z , M_x , M_y , M_z としたとき、数式 10 の関係になる。

【0090】

【数 10】

$$\begin{bmatrix} V_{fx} \\ V_{fy} \\ V_{fz} \\ V_{mx} \\ V_{my} \\ V_{mz} \end{bmatrix} = [A] \begin{bmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \\ M_x \\ M_y \\ M_z \end{bmatrix} \quad [A] \text{ はキャリブレーション行列}$$

【0091】

ここで両辺の左から $[A]^{-1}$ を乗ずると数式 11 となる。

【0092】

【数 11】

$$\begin{bmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \\ M_x \\ M_y \\ M_z \end{bmatrix} = [A]^{-1} \begin{bmatrix} V_{fx} \\ V_{fy} \\ V_{fz} \\ V_{mx} \\ V_{my} \\ V_{mz} \end{bmatrix}$$

【0093】

これにより、出力電圧から正確な 6 軸の力およびモーメントを求めることができる。

【0094】

次に、本発明の第6の実施の形態について、図23および図24を参照して説明する。図23は第6の実施の形態による多軸センサ1の中央縦断面正面図であり、図24は多軸センサ1をZ軸方向と反対方向に透視したときの歪みゲージR11～R48の配置を描いた平面図である。第6の実施の形態では、多軸センサ1は全体として1枚の円盤形状であり、4つのダイヤフラム4～7を備えている。この多軸センサ1は3次元空間の直交する3軸方向の加速度とその軸回りの角加速度を測定するための6軸センサである。また、多軸センサ1のダイヤフラム4～7以外の部位、例えば外縁部が測定対象15に固定されている。

【0095】

ダイヤフラム4～7は第1の実施形態と同様に配置されている。ただし、第1の実施形態とは異なり、対向するダイヤフラム4～7は存在しない。各ダイヤフラム4～7の中央部には加速度を受けて変位する作用体16, 17, 18, 19が設けられている。作用体16～19の一端はダイヤフラム4～7に固定され、他端は自由端になっている。

【0096】

また、歪みゲージR11～R48としては第1の実施形態と同様に金属箔歪みゲージとしたり、あるいは第2の実施形態と同様にピエゾ抵抗素子とすることができる。その他の構成は第1の実施形態と同様であるので説明を省略する。

【0097】

本実施形態により各軸方向ごとに加速度と角加速度を検出する原理を説明する。

【0098】

X軸方向の加速度 a_x を受けた場合、図25に示すように作用体16～19が変位し、各ダイヤフラム4～7に歪みが発生する。このとき、歪みゲージR11～R48は図26のようにX軸方向に配列されたもののみが増加する。

【0099】

また、Y軸方向の加速度 a_y を受けた場合は、X軸方向の加速度 a_x を受けた場合と90度ずれているだけなので説明を省略する。

【0100】

次に、Z軸方向の加速度 a_z を受けた場合は、図27に示すように作用体16～19が変位する。これにより、歪みゲージR11～R48は図28に示すようになる。

【0101】

さらに、各軸を中心とする角加速度が作用する場合について考える。作用体16～19に作用するダイヤフラム4～7に垂直な加速度を a_{z1} , a_{z2} , a_{z3} , a_{z4} とする。そして、回転の中心をY軸とする角加速度 α_y が作用すると、図29に示すように作用体16, 18に加速度 a_{z1} , a_{z3} が作用して変位し、ダイヤフラム4～7に歪みが発生する。このときの歪みゲージR11～R48の変化を図30に示す。

【0102】

次に、回転の中心をZ軸とする角加速度 α_z が作用すると、作用体16～19がZ軸を中心に同じ回転方向に変位しダイヤフラム4～7に歪みが発生する。このときの歪みゲージR11～R48の変化を図31に示す。

【0103】

以上の各加速度および各角加速度に対する歪みゲージR11～R48の抵抗値の変化を表2に示す。

【0104】

【表 2】

力	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R21	R22	R23	R24	R25	R26	R27	R28
ax	-	+	-	+					-	+	-	+				
ay					-	+	-	+					-	+	-	+
az	+	-		+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-
α_x	-	+			-				-	+	+	-	-	+	+	-
α_y			+	-		+	+	-								
α_z					-	+	-	+	-	+	-	+				
力	R31	R32	R33	R34	R35	R36	R37	R38	R41	R42	R43	R44	R45	R46	R47	R48
ax	-	+	-	+					-	+	-	+				
ay					-	+	-	+					-	+	-	+
az	+	-		+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+
α_x																
α_y	+	-	-	+	+	-	-	+								
α_z					+	-	+	-	+	-	+	-	+			

【0105】

この多軸センサ1は4個の3軸加速度センサの集合体であるが、以下の原理を利用して加速度から角加速度を検出できる。まず、半径 r の円周上を円運動（回転運動）するとき、その接線加速度 a は角加速度を α とすると、 $a = r \cdot \alpha$ 、すなわち $\alpha = a / r$ となる。

【0106】

多軸センサ1の中心から見ると、接線加速度 a とは作用体16～19に働く加速度と同じである。半径 r は一定なので、結局 X 、 Y 、 Z 軸方向の加速度を求めれば角加速度を求めることができる。

【0107】

これを利用して数式12の演算を行うことにより加速度および角加速度を検出することができる。

【0108】

【数12】

$$ax = (R22 + R42) - (R23 + R43)$$

$$ay = (R16 + R36) - (R17 + R37)$$

$$az = (R11 + R28 + R34 + R45) - (R13 + R26 + R32 + R47)$$

$$\alpha x = (R25 + R46) - (R27 + R48)$$

$$\alpha y = (R14 + R33) - (R12 + R31)$$

$$\alpha z = (R18 + R24 + R35 + R41) - (R15 + R21 + R38 + R44)$$

【0109】

また、図32に示すようにブリッジ回路を構成して定電圧または定電流を印加しても加速度および角加速度を検出することができる。

【0110】

この実施形態では、ダイヤフラム4～7の厚さや梁の厚さや幅、作用体16～19の大きさなどの寸法を調整してセンサ感度を調整することができる。また、本実施形態では角加速度を求めているが、この角加速度を積分することにより角速度を求めるようにしてもよい。

【0111】

次に、本発明の第7の実施の形態について、図33を参照して説明する。第7の実施の形態は、多軸センサ1の構造としては第6の実施形態と同様であるが、ブリッジの構成を変形している。図33に示すように、各ブリッジは、各ダイヤフラム4～7上に直線的に配置された4個の歪みゲージから構成されている。

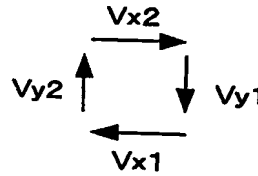
【0112】

V_{x1} , V_{x2} は X 軸方向の加速度を示す電圧信号であり、 V_{y1} , V_{y2} は Y 軸方向の加速度を示す電圧信号である。また、 $V_{z1} \sim V_{z4}$ は Z 軸方向の加速度を示す電圧信号である。これらの信号を元に数式 13 に示す演算を行えば、感度良く加速度と角加速度を検出することができる。

【0113】

【数 13】

$$\begin{aligned} a_x &= (V_{x2}) - (V_{x1}) \\ a_y &= (V_{y2}) - (V_{y1}) \\ a_z &= (V_{z1}) + (V_{z2}) + (V_{z3}) + (V_{z4}) \\ \alpha_x &= (V_{z2}) - (V_{z4}) \\ \alpha_y &= (V_{z1}) - (V_{z3}) \\ \alpha_z &= (V_{x1}) + (V_{x2}) + (V_{y1}) + (V_{y2}) \end{aligned}$$



【0114】

a_x , a_y は、 V_{x1} , V_{x2} または V_{y1} , V_{y2} のいずれを用いても検出可能である。いずれにせよ、差動にすることにより感度を大きくすることができる。

【0115】

次に、本発明の第 8 の実施の形態について、図 34 および図 35 を参照して説明する。図 34 は第 8 の実施の形態の多軸センサ 1 の平面図、図 35 は多軸センサ 1 の中央縦断面図である。この多軸センサ 1 は、第 6 の実施形態と同様に、3 次元空間の直交する 3 軸方向の加速度とその軸回りの角加速度を測定するための 6 軸センサである。この多軸センサ 1 では、半導体プロセスを利用し、シリコン基板 20 上にピエゾ抵抗素子 10 を形成すると共に、ピエゾ抵抗素子 10 を利用して加速度と角加速度を検出するためのブリッジ回路を形成している。さらに、このシリコンウェハ 11 にガラス基板を接合し、マイクロマシニング技術を利用して台座 21 や作用体 16 ~ 19 を形成している。なお、ピエゾ抵抗素子 10 を形成するシリコンウェハ 11 の面方位によりゲージ率が異なるが、適切な面方位を選択することにより感度のバラツキを最低限に抑えることができる。

【0116】

本実施形態では、検出素子であるピエゾ抵抗素子10を作用体16～19と台座21を接続する梁22として機能させている。また、開口部23を設けることにより、作用体16～19は加速度の作用を受けて変位し易くなり感度を高めることができる。なお、この開口部23は方形でも円形でも良く、また必ずしも設けなくてもよい。

【0117】

本実施形態によれば、シリコン基板20に半導体プロセスを利用してセンサ信号の処理回路などを同時に形成でき、信号処理回路とセンサの構造体をコンパクトに一体化することができる。このため、信号処理回路とセンサの検出素子との配線を短くできるので、ノイズの影響を受け難く安定した動作を可能とすると共に多軸センサ1を小型化できるので設置面でも有利になる。さらに、半導体プロセスやマイクロマシニング技術の利用により、低コストで効率良く製造でき組立精度を高めることができる。

【0118】

以上、本発明の好適な実施の形態について説明したが、本発明は上述の実施の形態に限られるものではなく、特許請求の範囲に記載した限りにおいて様々な設計変更が可能なものである。例えば、上述した実施の形態では歪みゲージを第1部材2に対して個別に貼り付けているが、これには限られず全ての歪みゲージが一平面に貼り付けられることを利用して、歪みゲージをダイヤフラム4～7ごとに1枚のベース板に集積してダイヤフラム4～7に貼り付けるようにしてもよい。あるいは全ての歪みゲージを1枚のベース板に集積して貼り付けてもよい。また、ダイヤフラム4～7にスパッタリングや蒸着により薄い絶縁膜を形成し、その上にスパッタリングや蒸着により歪みゲージや回路を形成する導電性の配線を設けてもよい。これにより、歪みゲージをダイヤフラム4～7に貼り付ける作業工程が簡易化され、作業効率が高まって生産性が飛躍的に向上してコストの低減を図ることができる。

【0119】

また、上述した各実施形態では多軸センサ1は3～4個のダイヤフラムを備えているが、これには限られず少なくとも1個あればよい。すなわち、上述した各

実施形態では原則として6軸の力およびモーメント、あるいは加速度および角加速度を検出するものとしているが、用途によっては5軸以下の検出で足りることもある。この場合に、例えばダイヤフラムを1～2個だけ設けて2軸以上5軸以下の検出を行うようにしてもよい。あるいは、ダイヤフラムを5個以上設けて、検出精度を高めるようにしてもよい。

【0120】

さらに、上述した各実施形態ではダイヤフラムを等角度ごとに配置しているがこれには限られない。また、中心点Oから等距離に配置することにも限られない。

【0121】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によると、各歪みゲージは一平面上に配置されているので、従来のように歪みゲージをブリッジ要素の曲面などに3次元的に取り付ける場合に比べて取り付け作業の時間を短縮することができる。したがって、量産性を良くしてコストを下げることができるようになる。また、歪みゲージの取り付けられるセンサ起歪体が簡易な形状になるので、多軸センサを組み立てるコストを下げる事が出来る。さらに、各ダイヤフラムの歪みゲージの抵抗値の変化から比較的簡易な計算により多軸の力、モーメント、加速度、角加速度を算出することができる。

【0122】

そして、ダイヤフラム自体を一平面上に配置できるので、多軸センサの薄型化を図ることができる。

【0123】

また、ダイヤフラムの中で最も歪みが大きい部位に歪みゲージを取り付けることにより、感度を高めることができる。そして、一平面のみに歪みゲージを取り付けるだけで多軸の力およびモーメントを計測することができる。さらに、同じ力あるいはモーメントの成分を示す電気信号が独立して2系統存在するので、センサ出力を二重化して高精度化を図ることができる。

【0124】

また、何らかの理由で歪みゲージが異常を起こしたときに他方の歪みゲージを利用して、多軸センサの利用を続行することができる。よって、極めて信頼性の高い制御システムを構築することができる。そして、ピエゾ抵抗素子を利用すると箔歪みゲージを利用する場合に比べて感度を10倍以上大きくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施の形態による多軸センサを描いた図であり、(A)は第2部材側からZ軸方向に透視したときの歪みゲージの配置を描いた平面図、(B)は中央縦断面正面図である。

【図2】

直交座標軸を示す斜視図である。

【図3】

多軸センサに力 F_x を加えたときの変位を示す中央縦断面正面図である。

【図4】

多軸センサに力 F_x を加えたときの歪みゲージの抵抗値の変化を示す平面図である。

【図5】

多軸センサに力 F_z を加えたときの変位を示す中央縦断面正面図である。

【図6】

多軸センサに力 F_z を加えたときの歪みゲージの抵抗値の変化を示す平面図である。

【図7】

多軸センサにモーメント M_x を加えたときの変位を示す中央縦断面正面図である。

【図8】

多軸センサにモーメント M_x を加えたときの歪みゲージの抵抗値の変化を示す平面図である。

【図9】

多軸センサにモーメント M_z を加えたときの歪みゲージの抵抗値の変化を示す平面図である。

【図 10】

多軸センサのブリッジ回路の一例を示す回路図である。

【図 11】

第 2 の実施の形態による多軸センサを描いた中央縦断面正面図である。

【図 12】

第 3 の実施の形態によるブリッジ回路の一例を示す回路図である。

【図 13】

第 4 の実施の形態による多軸センサを描いた中央縦断面正面図である。

【図 14】

第 4 の実施の形態による多軸センサのアンプ回路および判断手順を示すブロック図である。

【図 15】

第 5 の実施の形態による多軸センサの第 2 部材側から Z 軸方向に透視したときの歪みゲージの配置を描いた描いた平面図である。

【図 16】

多軸センサのブリッジ回路の一例を示す回路図である。

【図 17】

多軸センサに力 F_y を加えたときの変位を示す中央縦断面正面図である。

【図 18】

多軸センサに力 F_z を加えたときの変位を示す中央縦断面正面図である。

【図 19】

多軸センサに力 F_z を加えたときの歪みゲージの抵抗値の変化を示す平面図である。

【図 20】

多軸センサにモーメント M_x を加えたときの歪みゲージの抵抗値の変化を示す平面図である。

【図 21】

多軸センサにモーメント M_z を加えたときの変位を示す中央縦断面正面図である。

【図 2 2】

多軸センサにモーメント M_z を加えたときの歪みゲージの抵抗値の変化を示す平面図である。

【図 2 3】

第 6 の実施の形態による多軸センサを描いた中央縦断面正面図である。

【図 2 4】

第 6 の実施の形態による多軸センサを Z 軸の逆方向に透視したときの歪みゲージの配置を描いた平面図である。

【図 2 5】

多軸センサに加速度 a_x を加えたときの変位を示す中央縦断面正面図である。

【図 2 6】

多軸センサに加速度 a_x を加えたときの歪みゲージの抵抗値の変化を示す平面図である。

【図 2 7】

多軸センサに加速度 a_z を加えたときの変位を示す中央縦断面正面図である。

【図 2 8】

多軸センサに加速度 a_z を加えたときの歪みゲージの抵抗値の変化を示す平面図である。

【図 2 9】

多軸センサに角加速度 α_y を加えたときの変位を示す中央縦断面正面図である。

【図 3 0】

多軸センサに角加速度 α_y を加えたときの歪みゲージの抵抗値の変化を示す平面図である。

【図 3 1】

多軸センサに角加速度 α_z を加えたときの歪みゲージの抵抗値の変化を示す平面図である。

【図 3 2】

多軸センサのブリッジ回路の一例を示す回路図である。

【図 3 3】

第 7 の実施の形態によるブリッジ回路の一例を示す回路図である。

【図 3 4】

第 8 の実施の形態による多軸センサを示す平面図である。

【図 3 5】

第 8 の実施の形態による多軸センサを描いた中央縦断面正面図である。

【図 3 6】

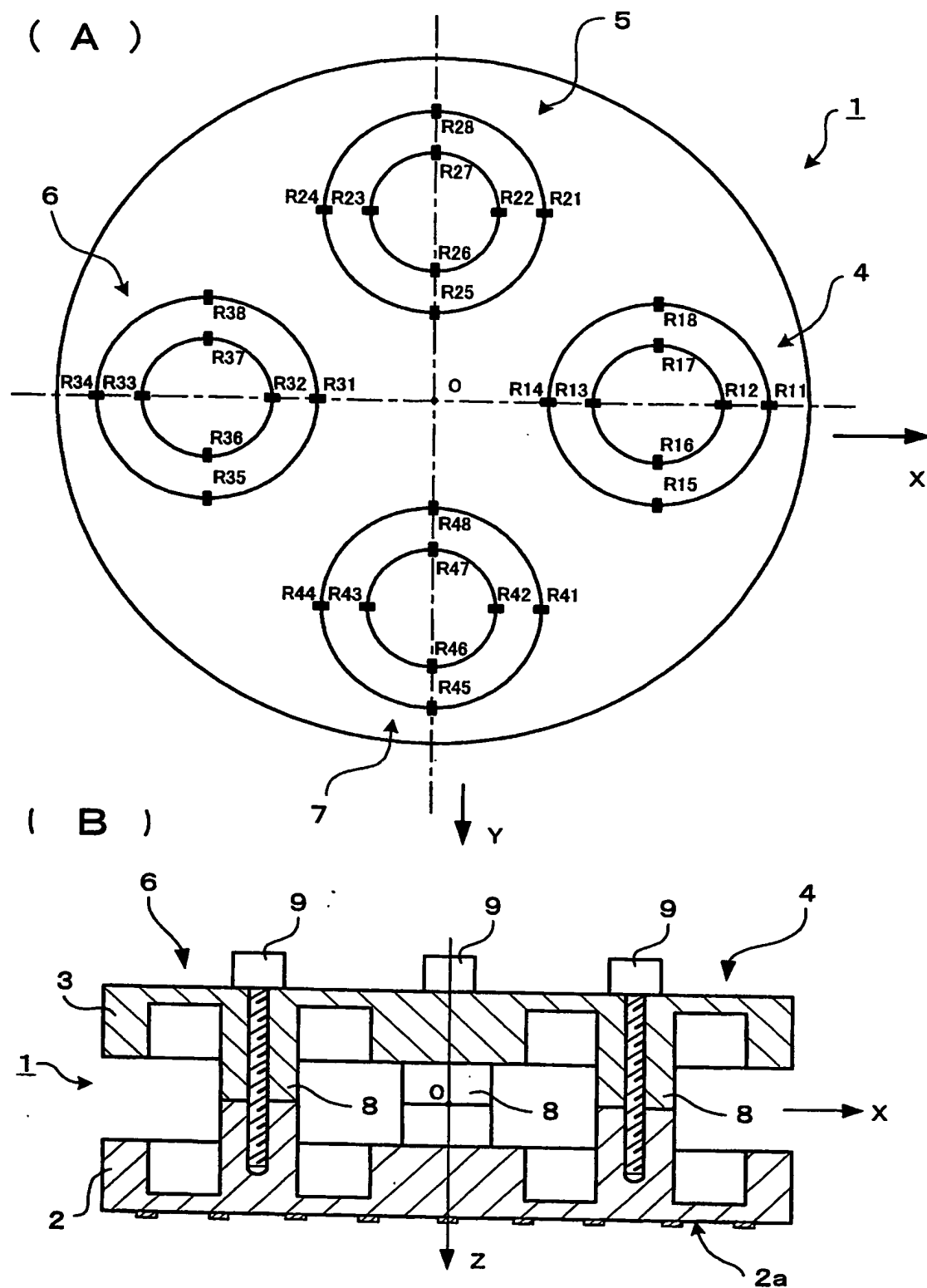
従来の多軸センサを描いた斜視図である。

【符号の説明】

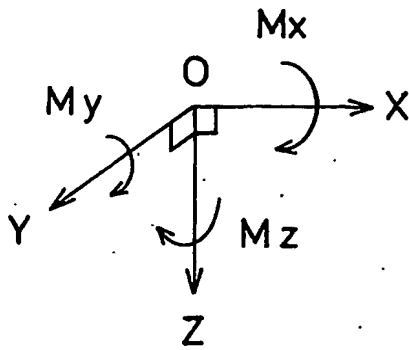
- 1 多軸センサ
- 2 第 1 部材
- 3 第 2 部材
- 4, 5, 6, 7 ダイヤフラム
- 8 中心軸
- 10 ピエゾ抵抗素子
- R11～R48、R111～R148 歪みゲージ

【書類名】 図面

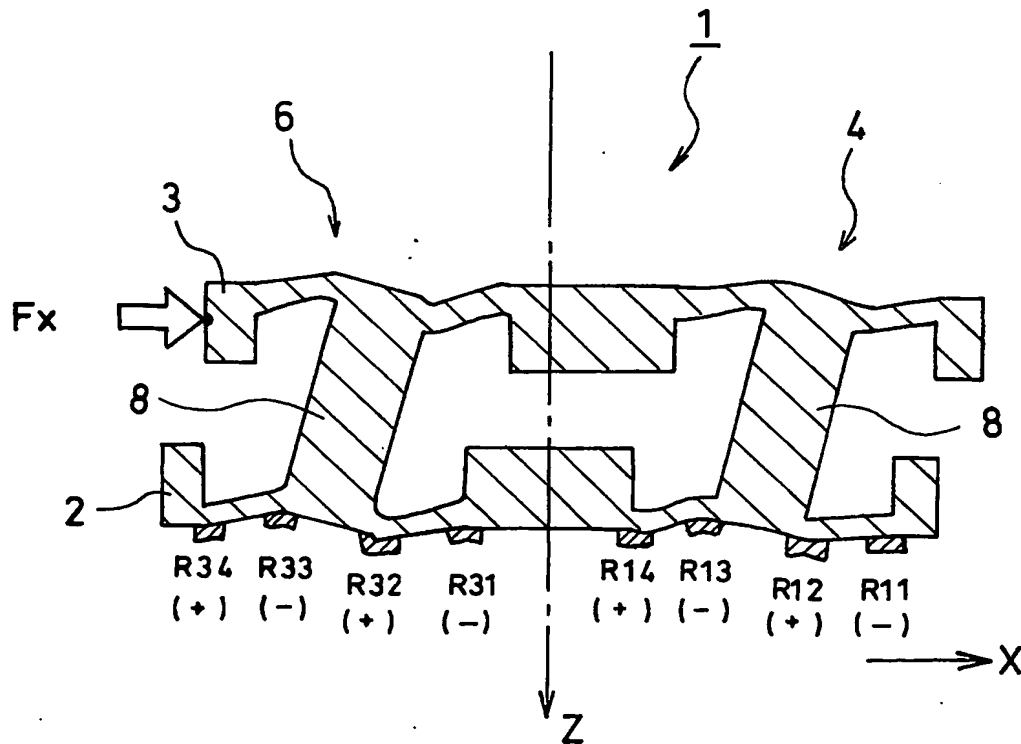
【図 1】



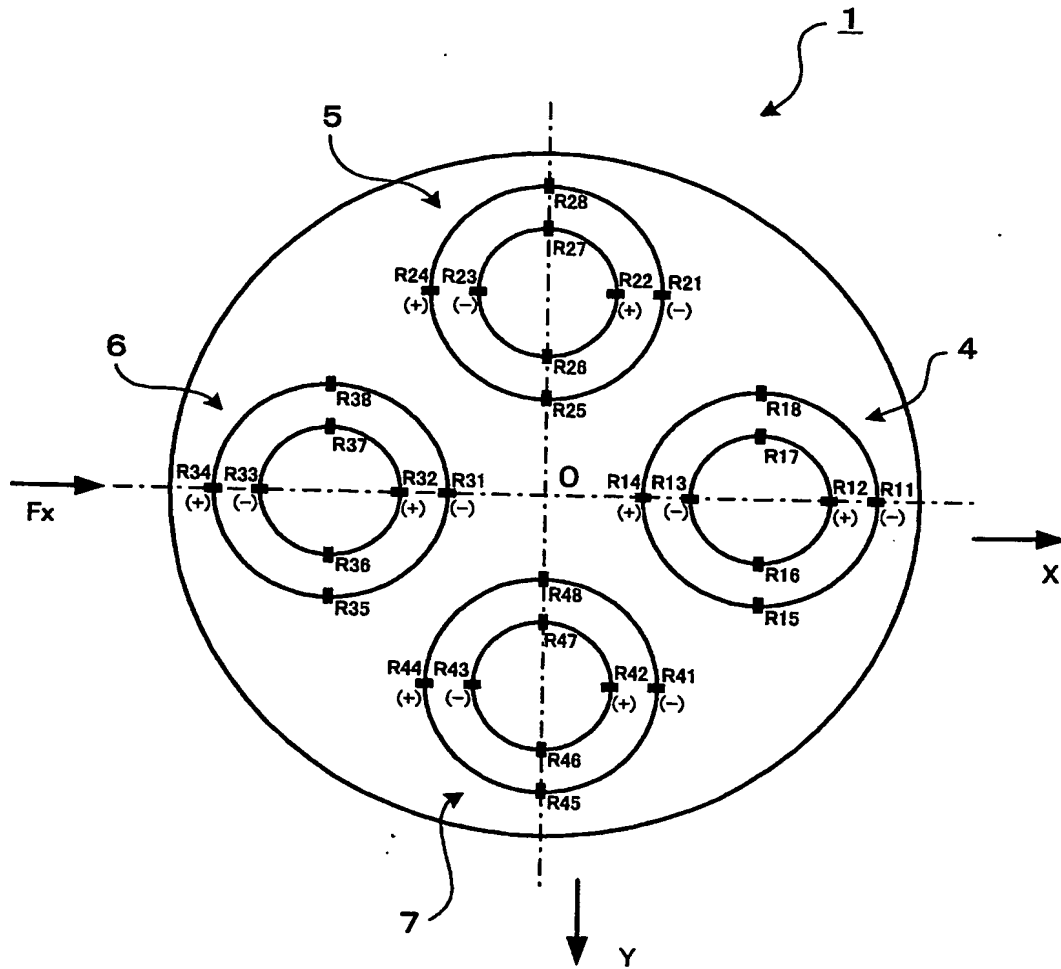
【図 2】



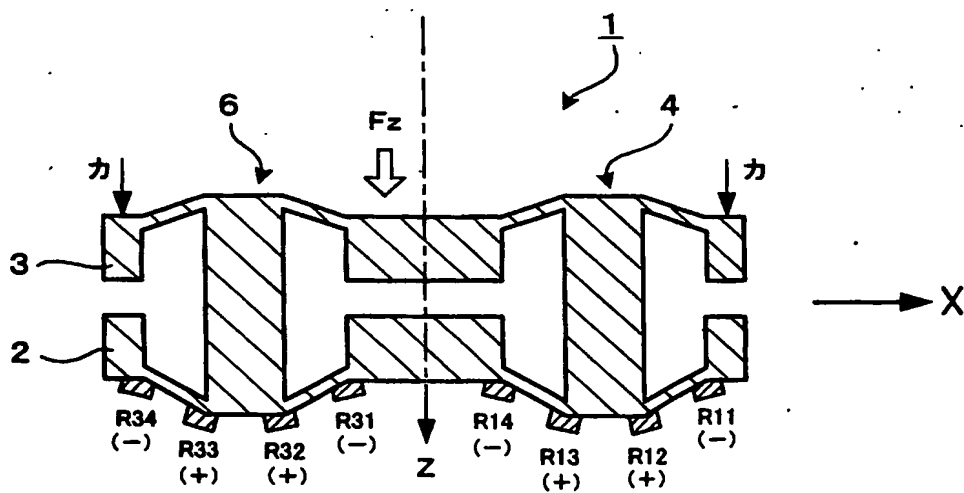
【図 3】



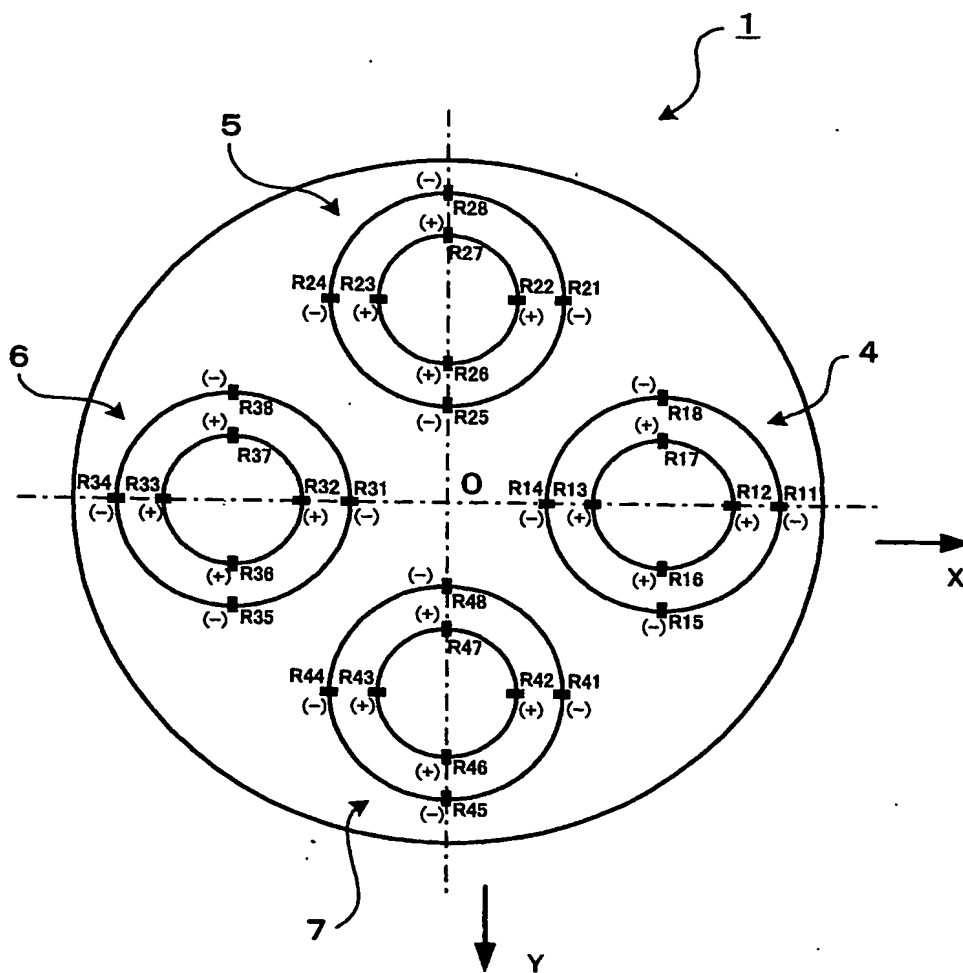
【図 4】



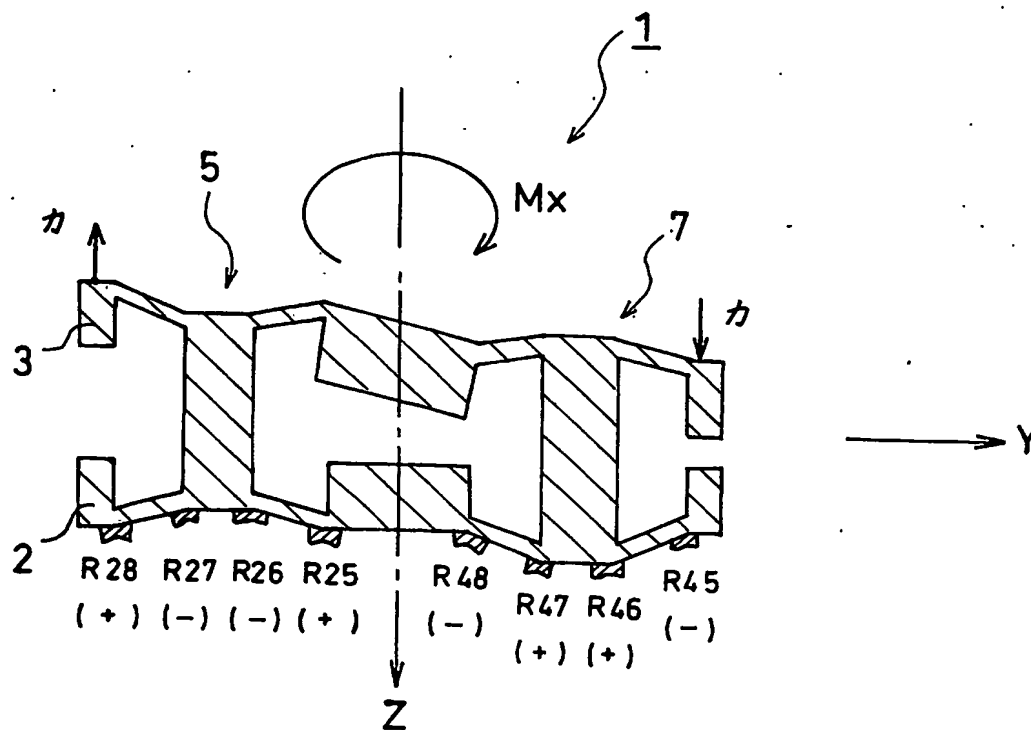
【図 5】



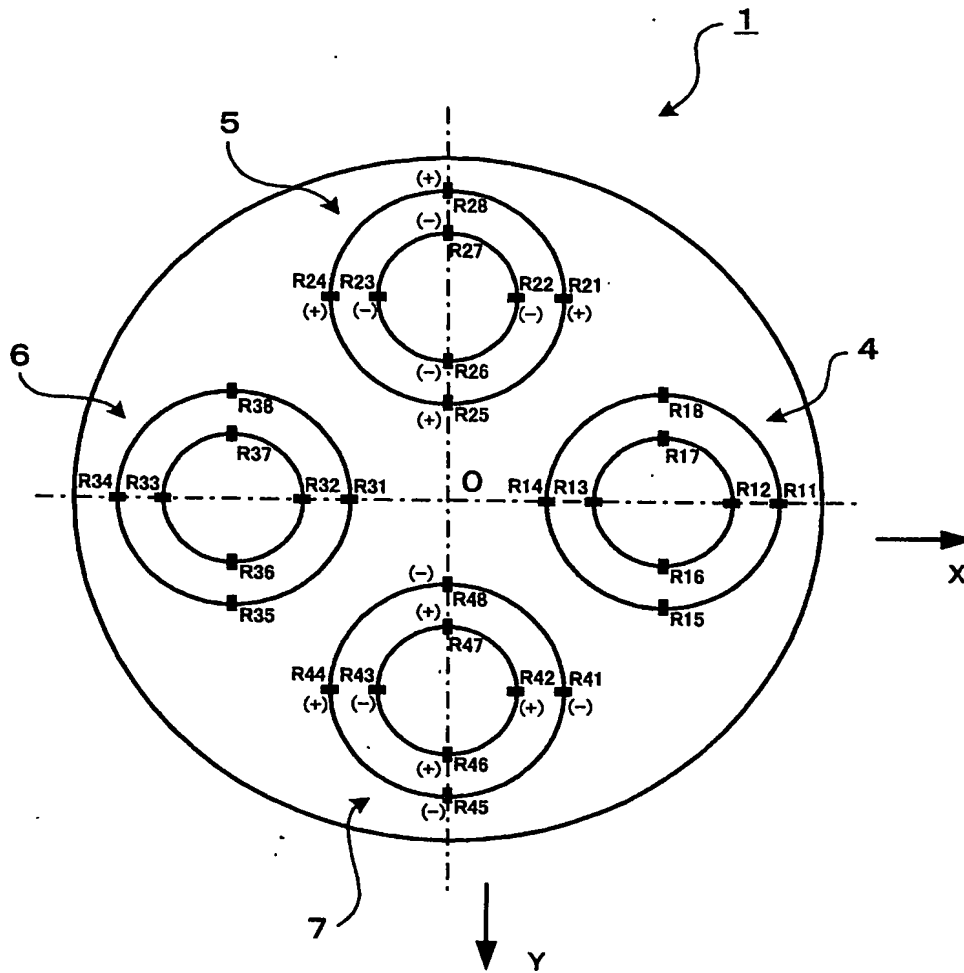
【図 6】



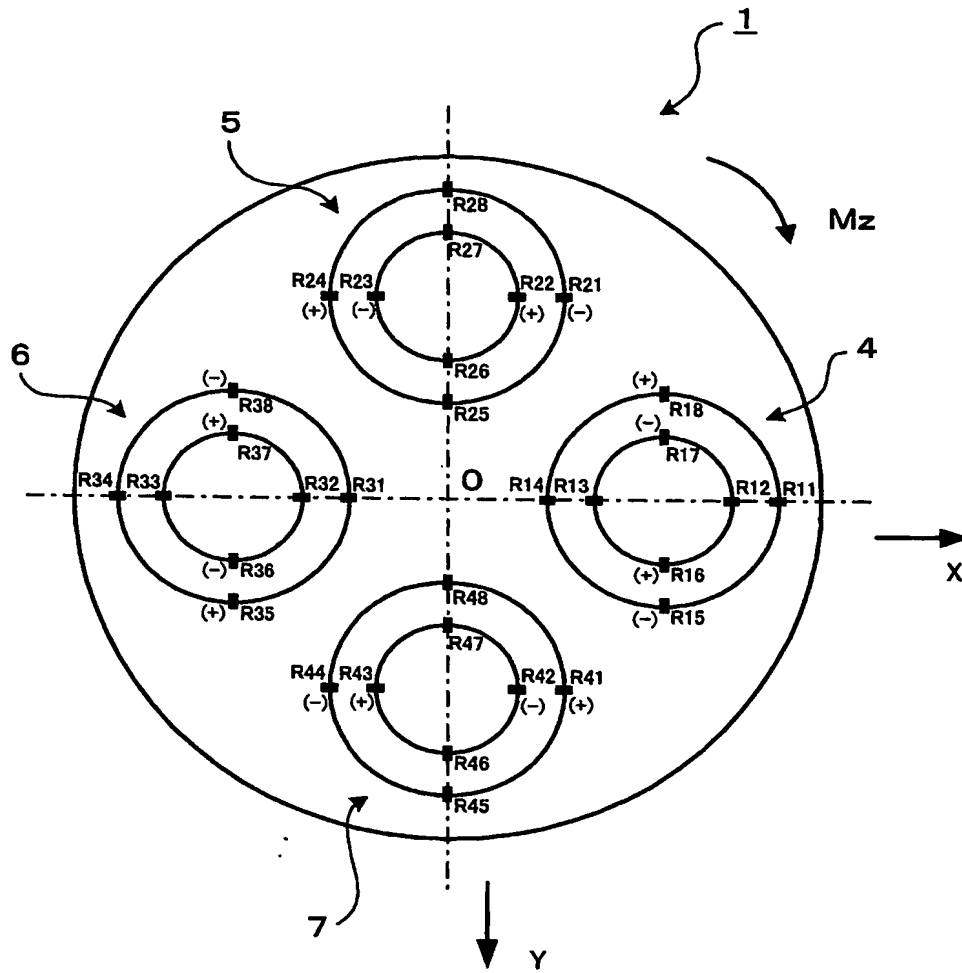
【図 7】



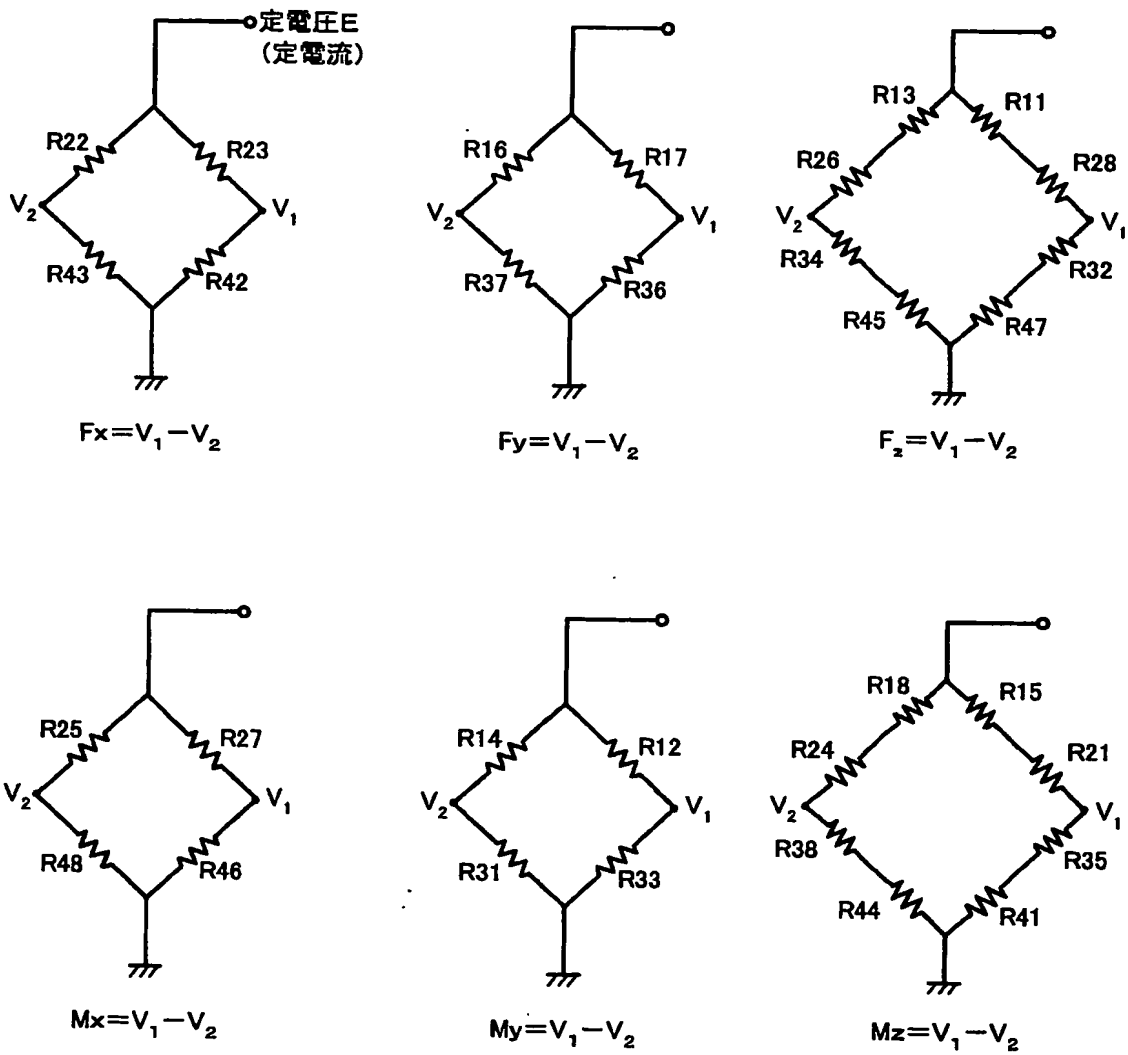
【図 8】



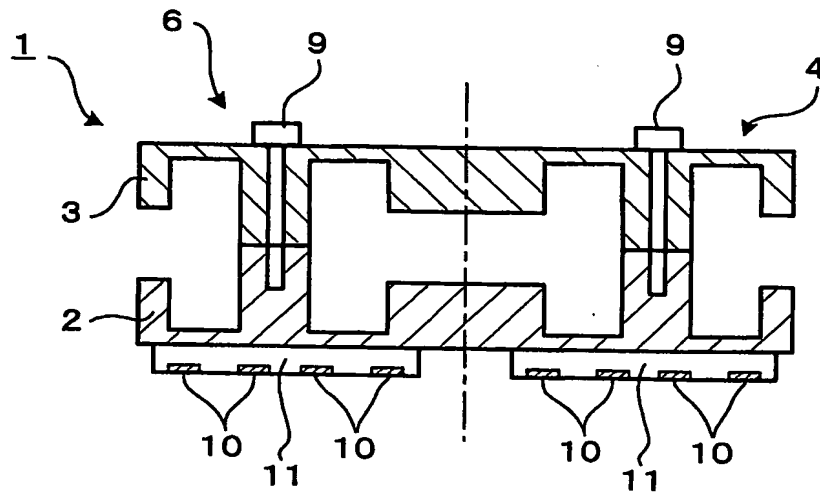
【図 9】



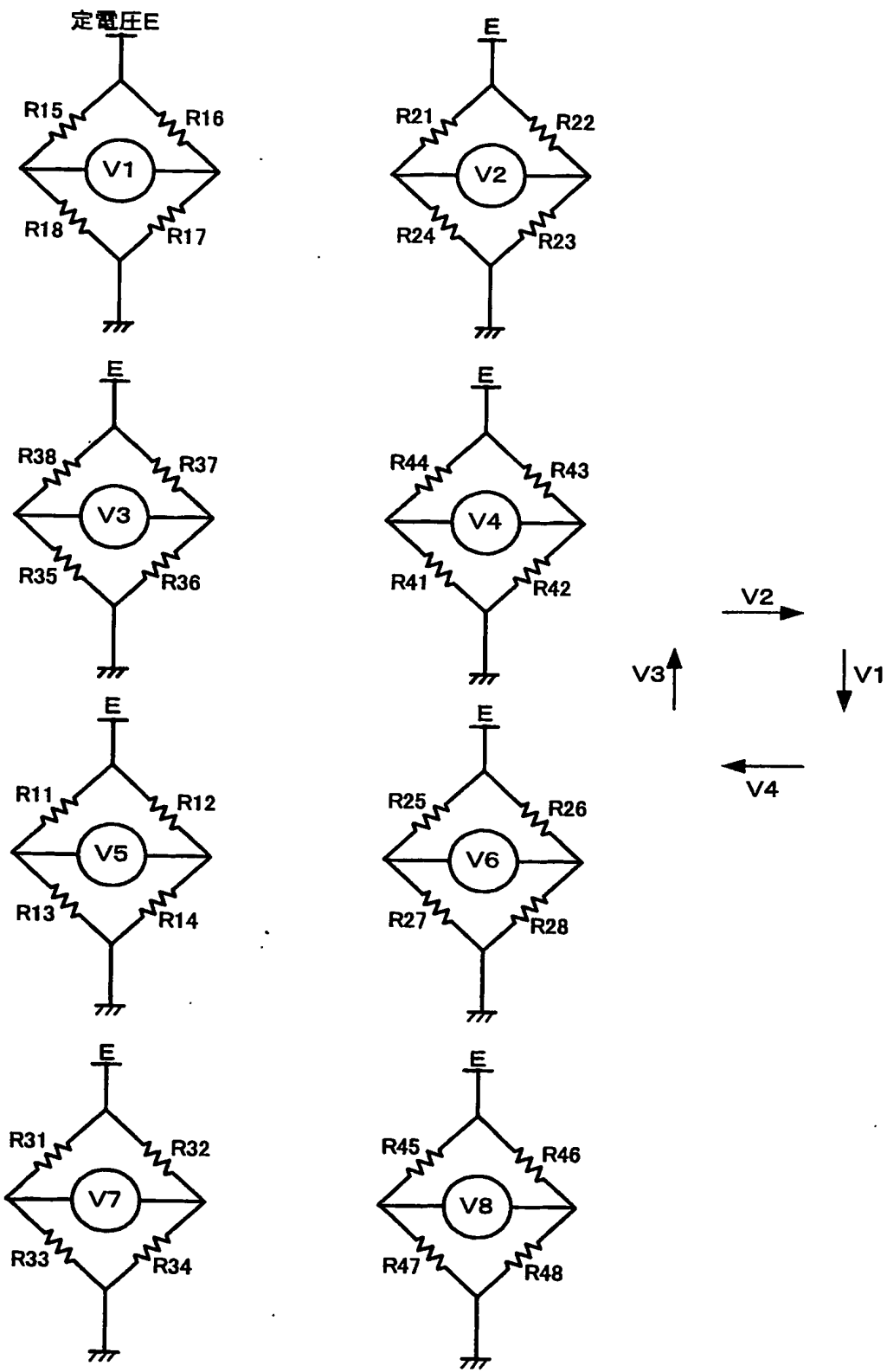
【図 10】



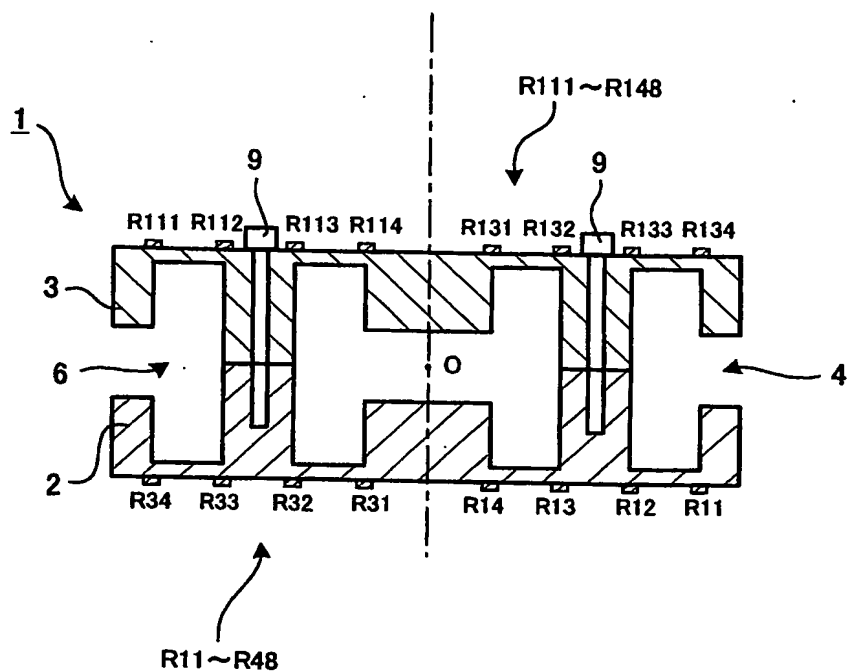
【図 11】



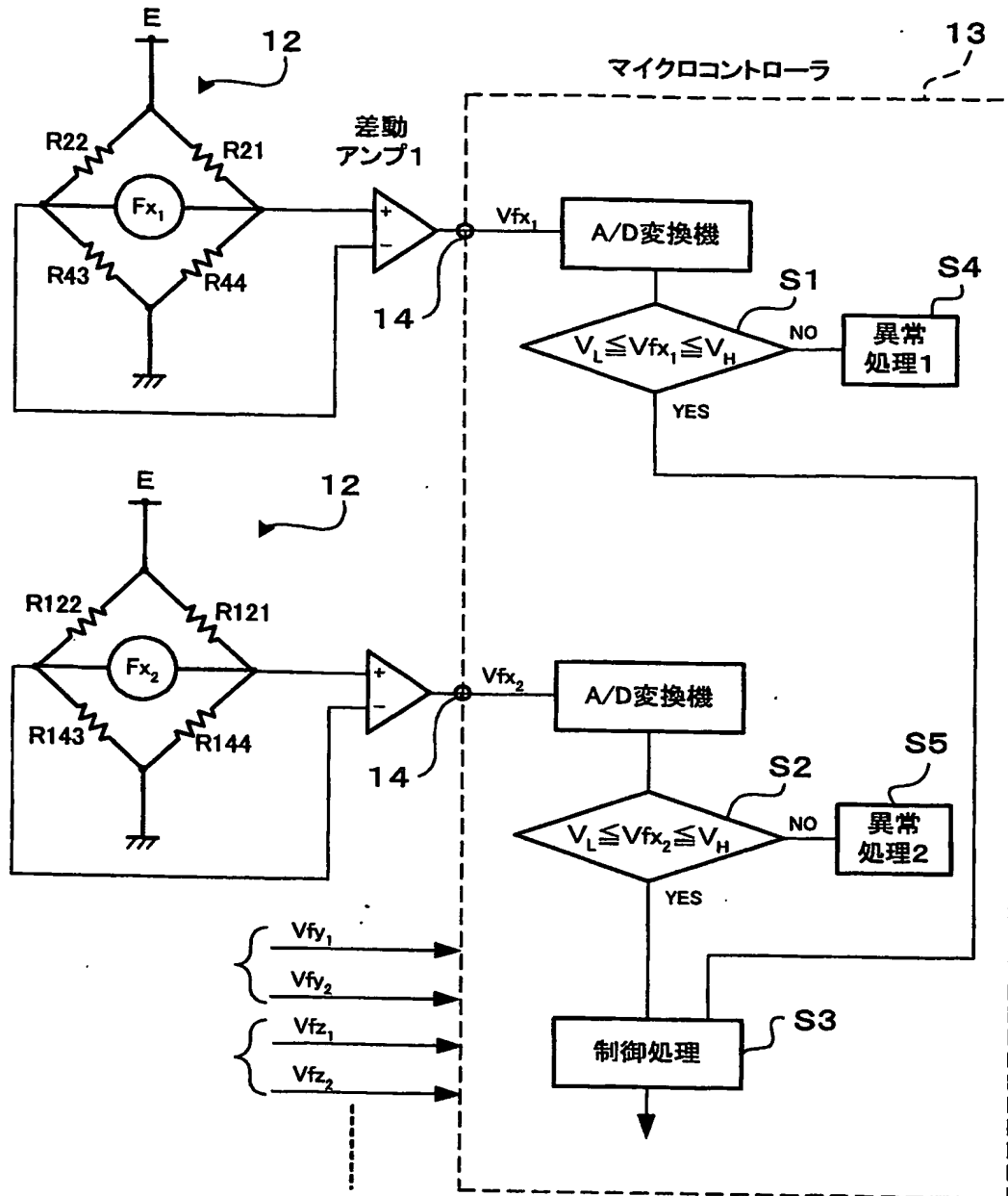
【図 12】



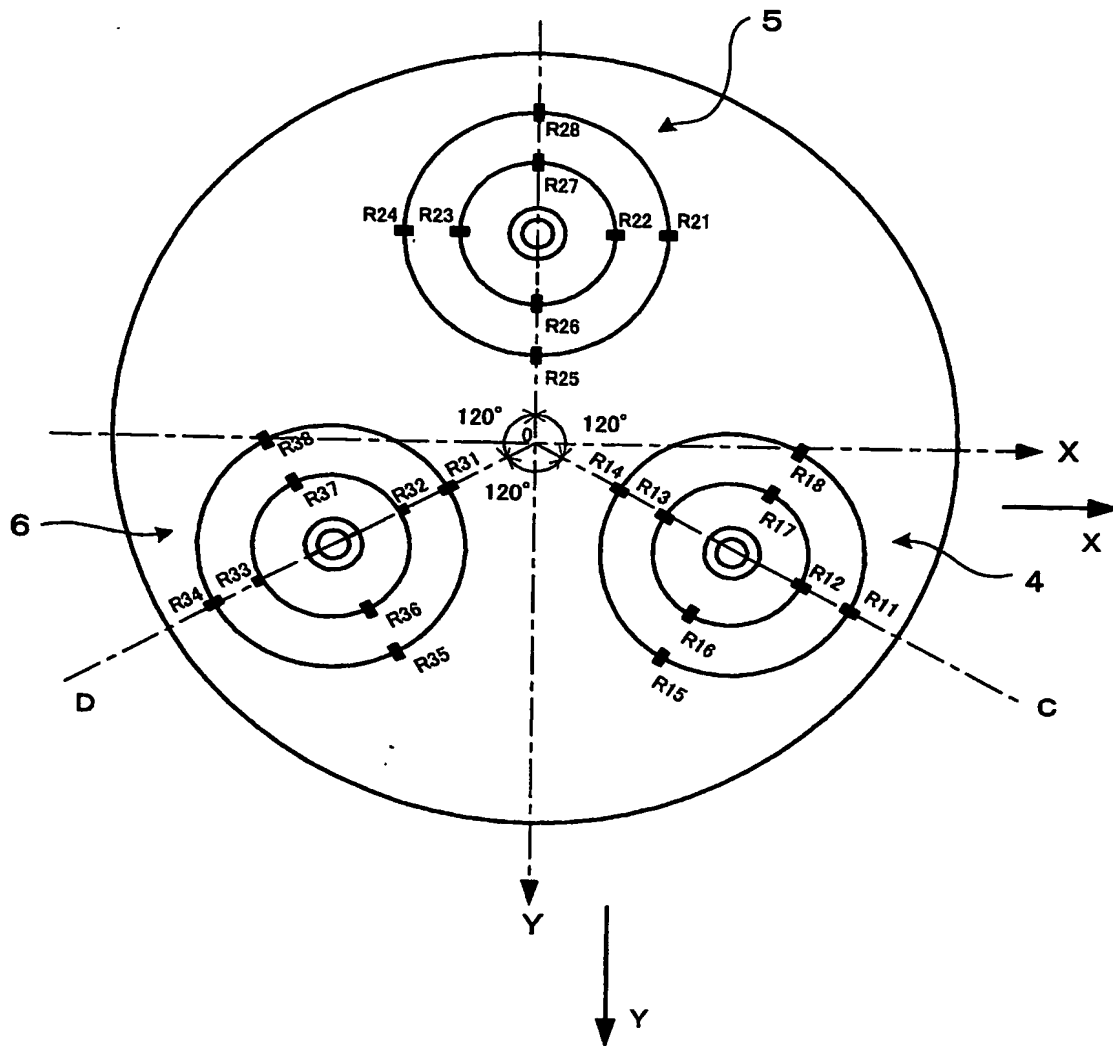
【図 13】



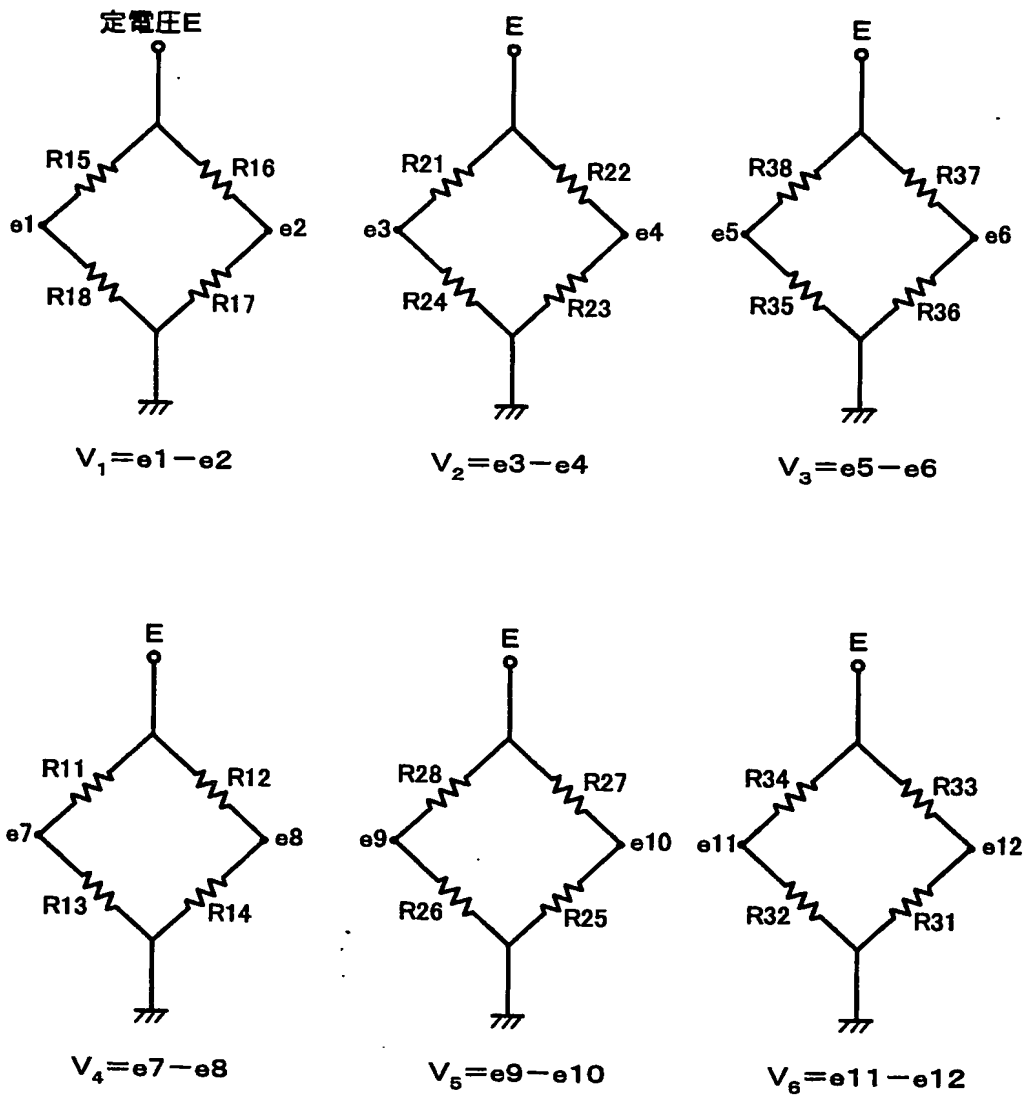
【図 14】



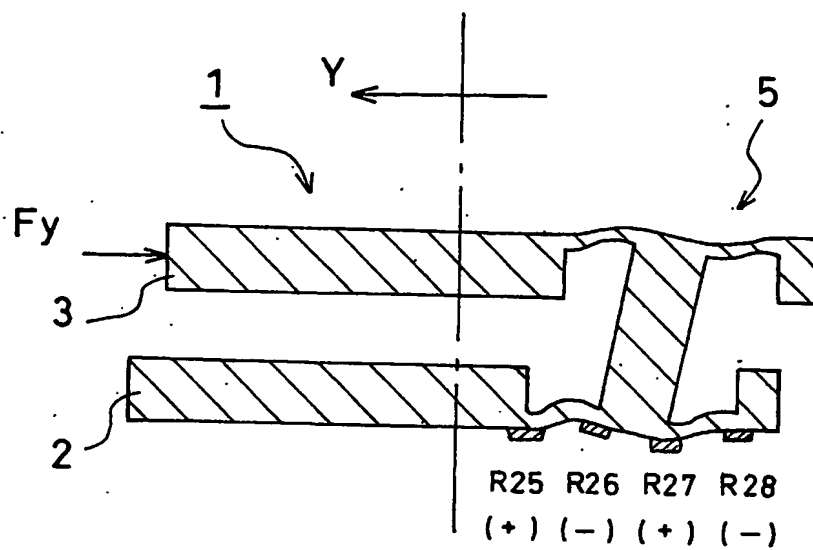
【図 15】



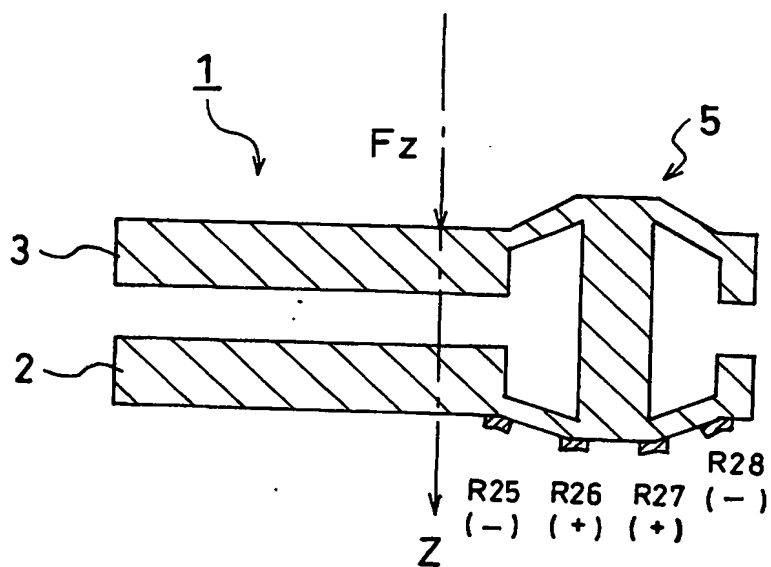
【図 16】



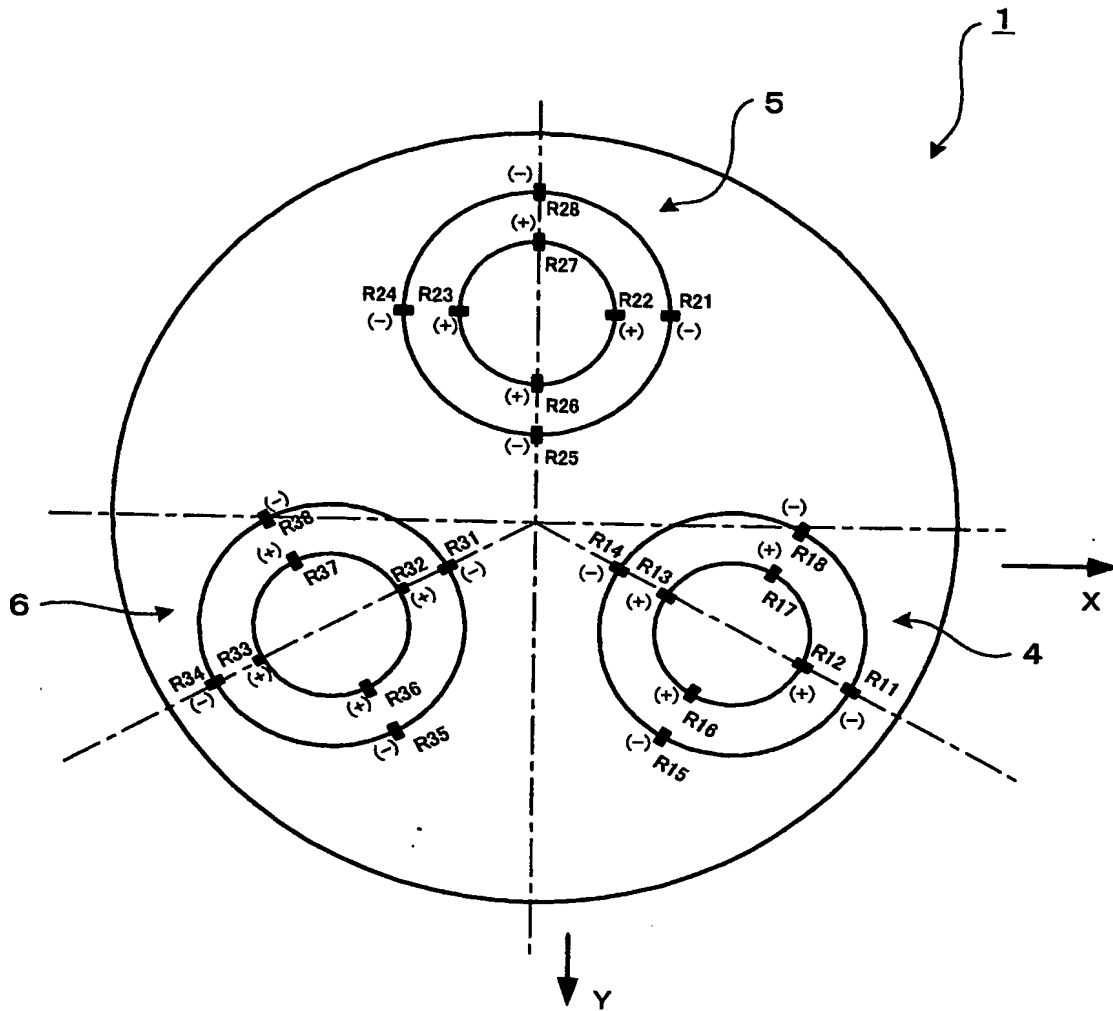
【図17】



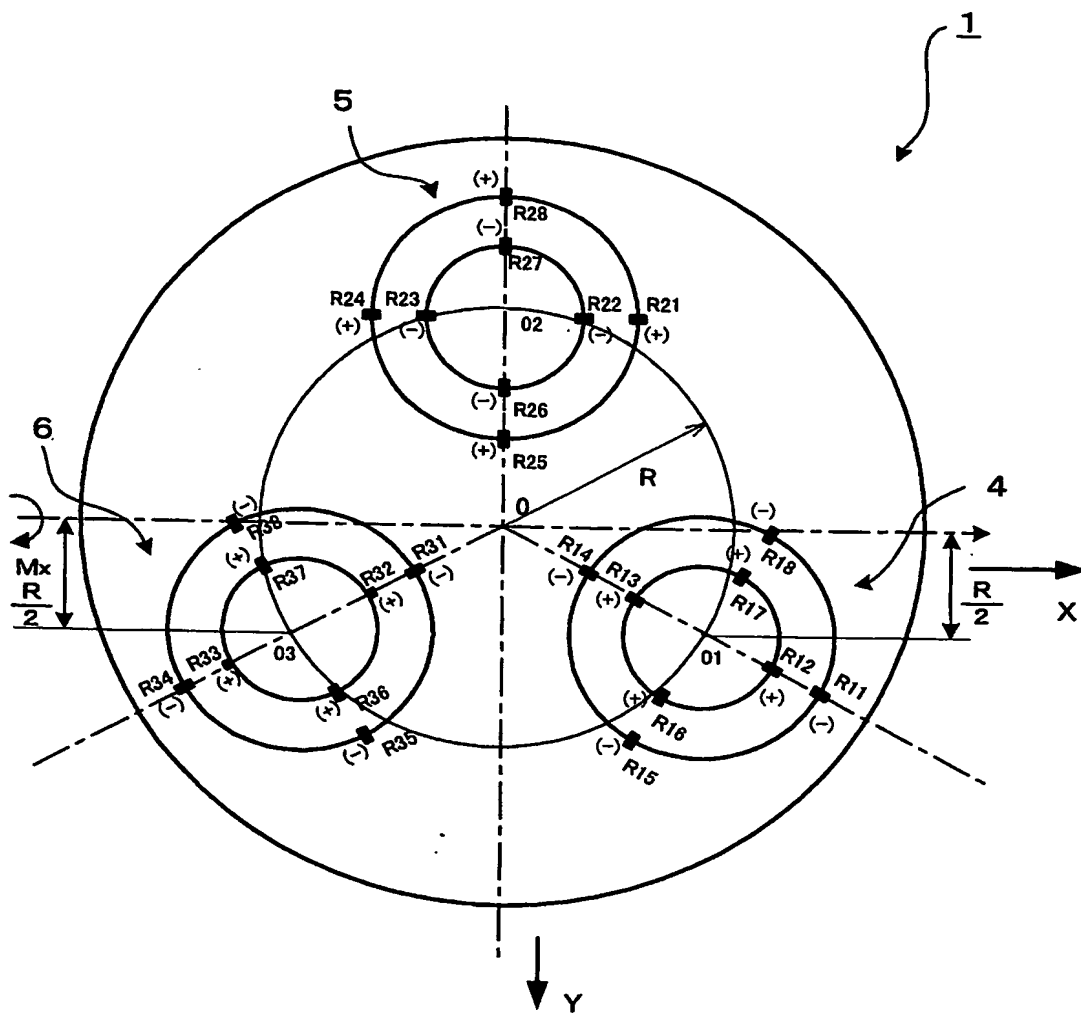
【図18】



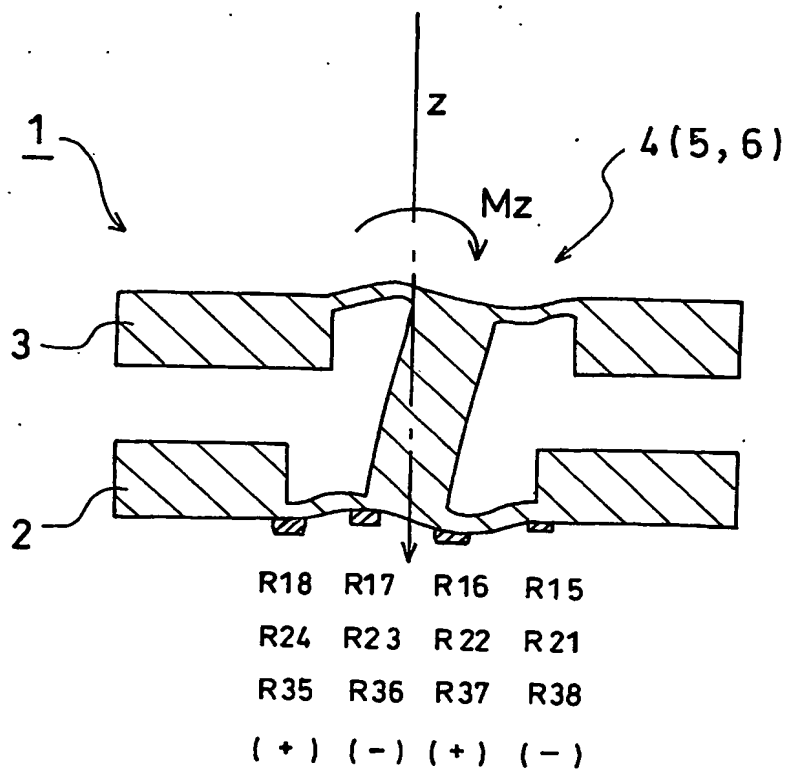
【図 19】



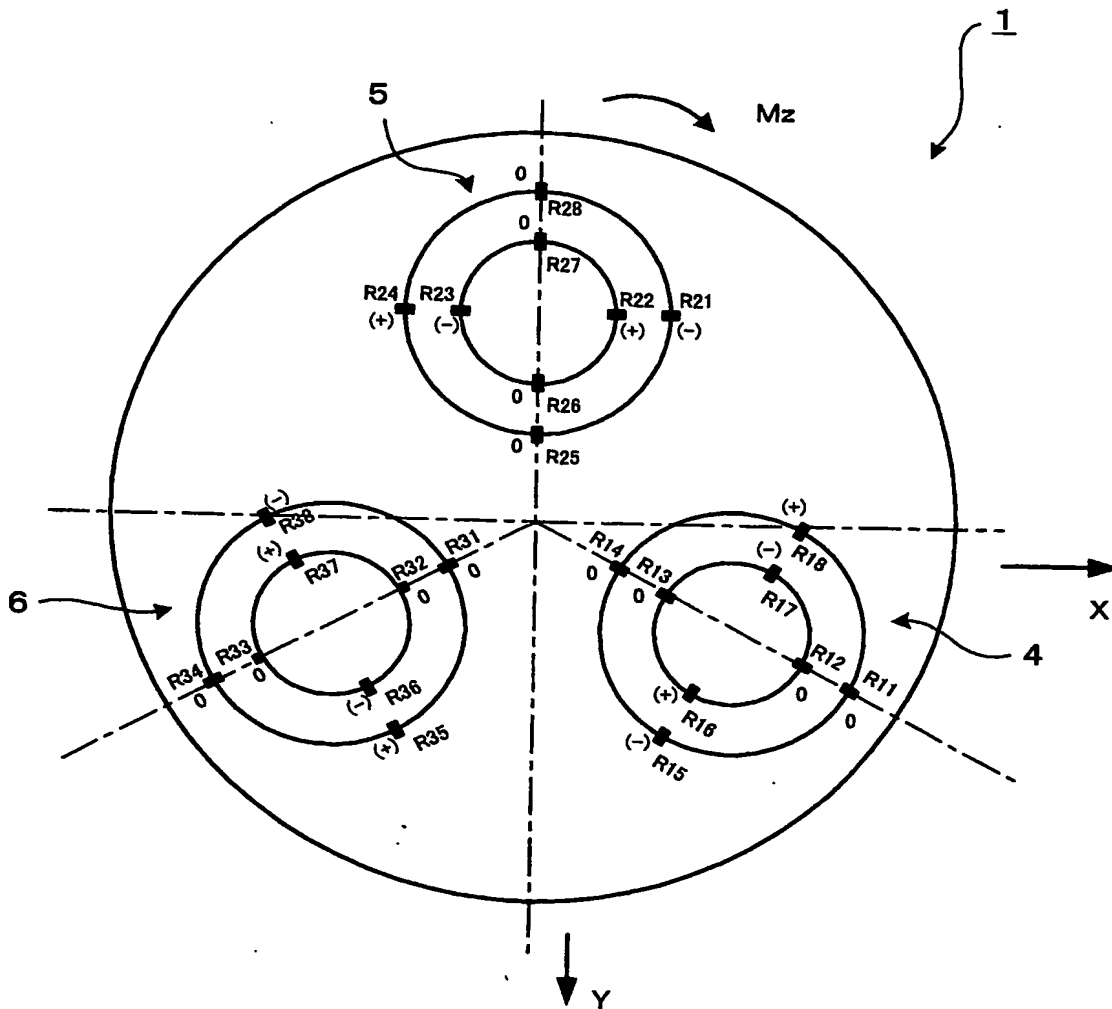
【図 20】



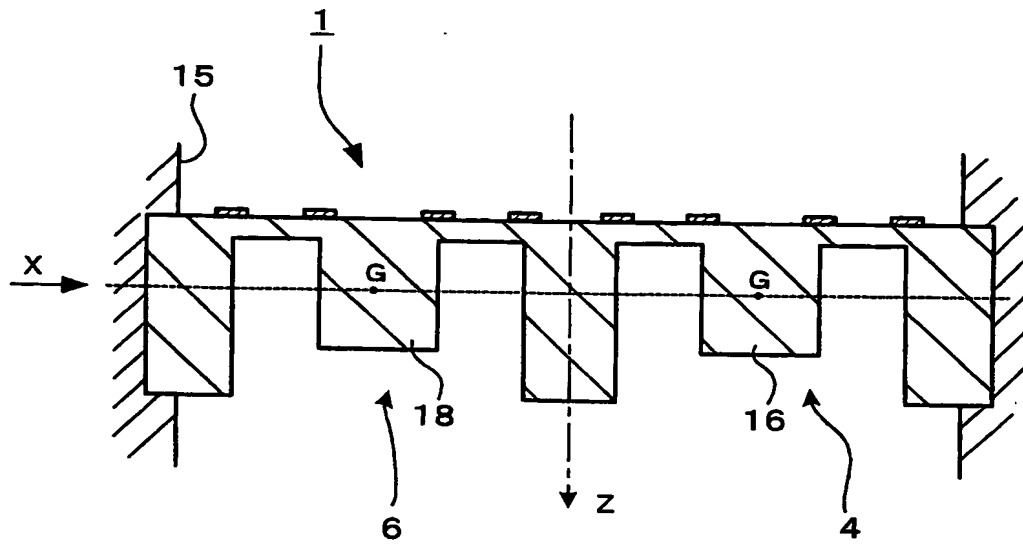
【図 21】



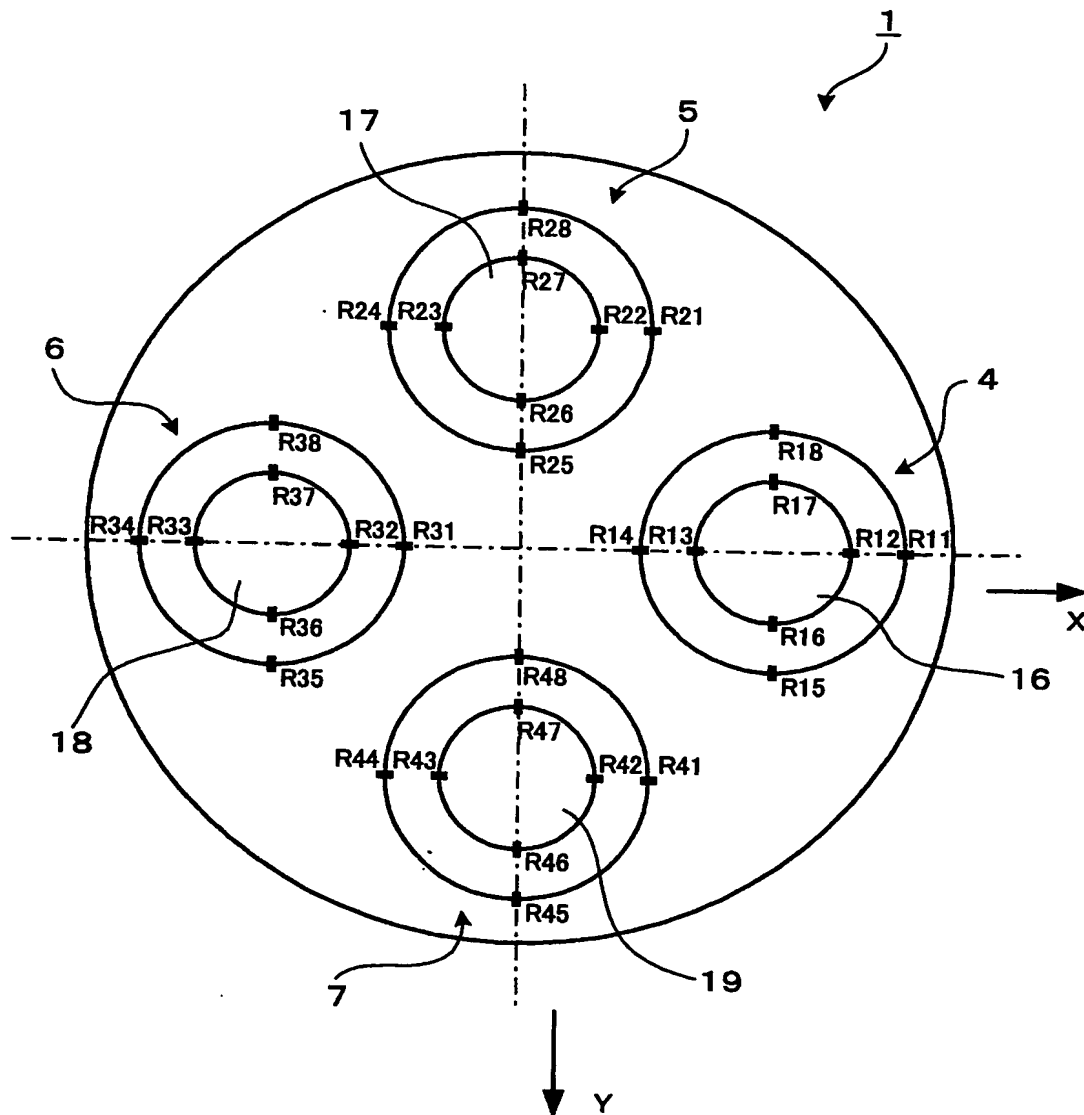
【図 22】



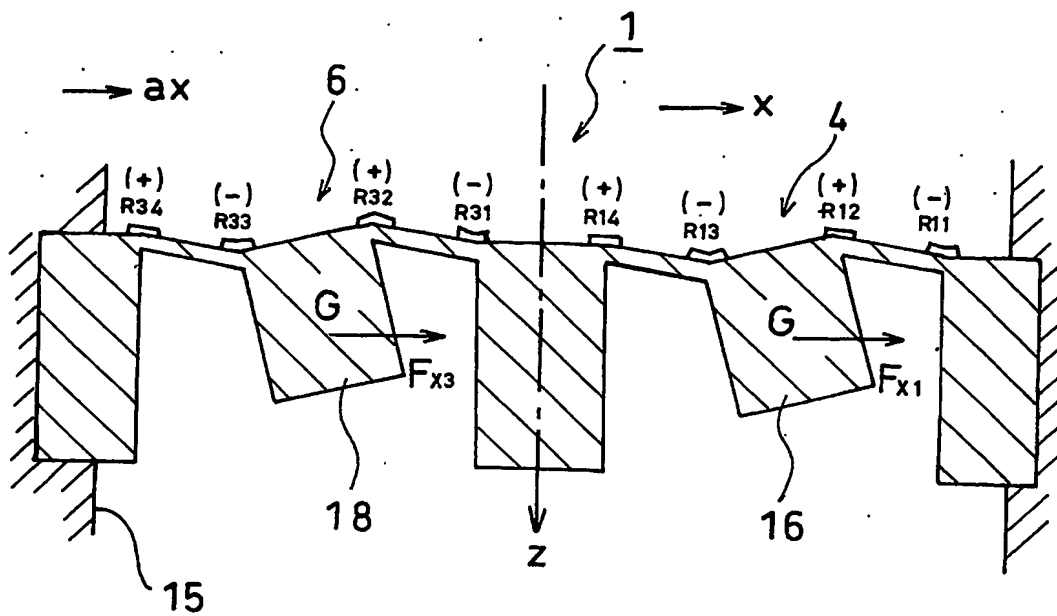
【図 23】



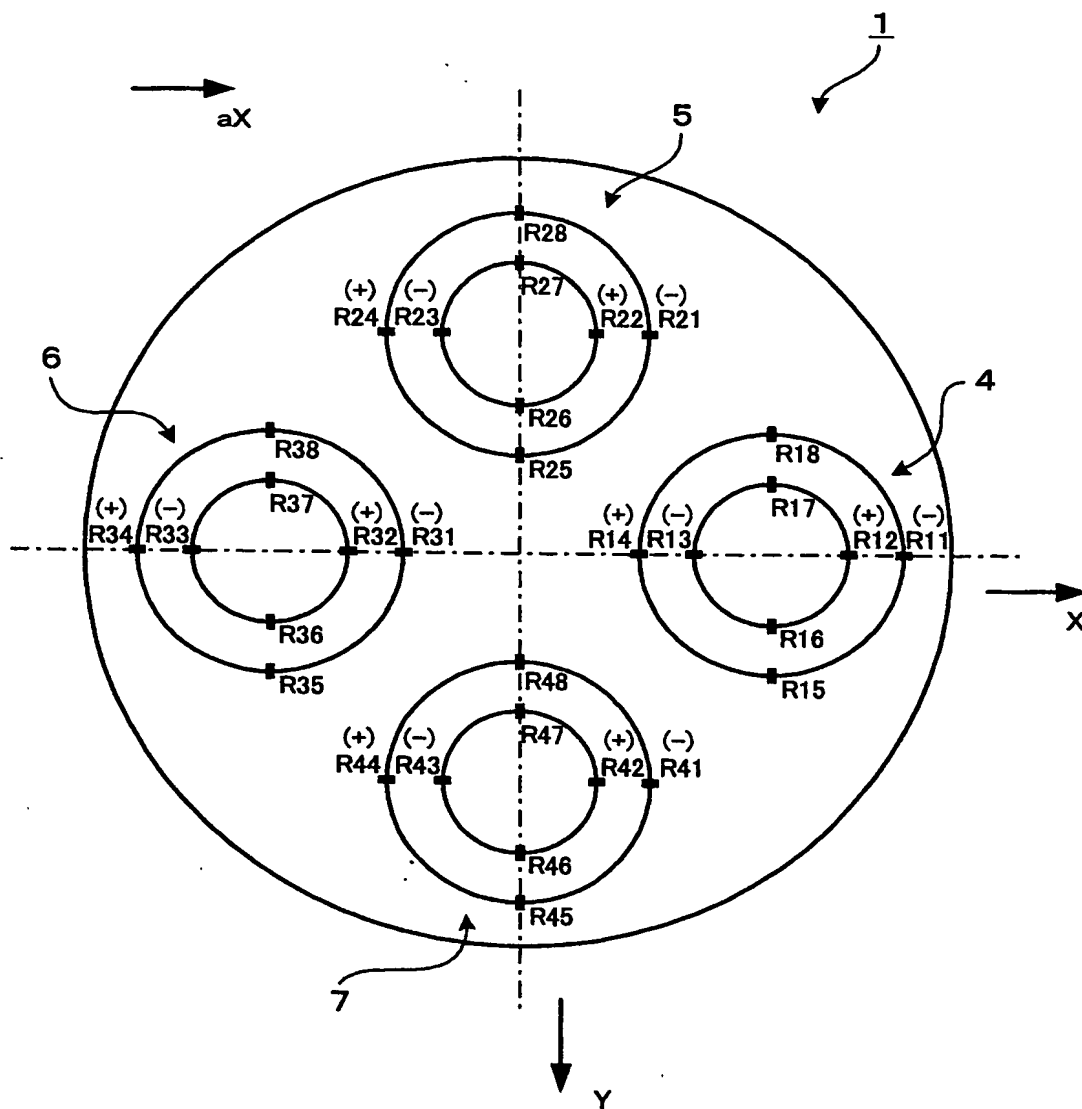
【図 24】



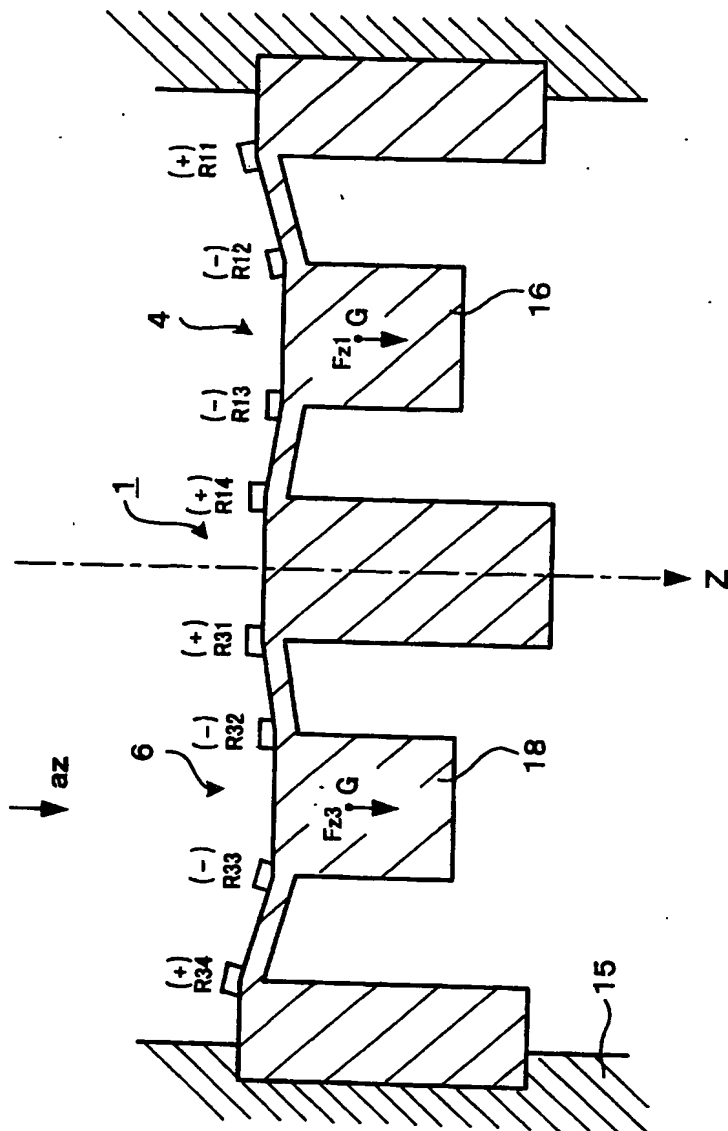
【図 25】



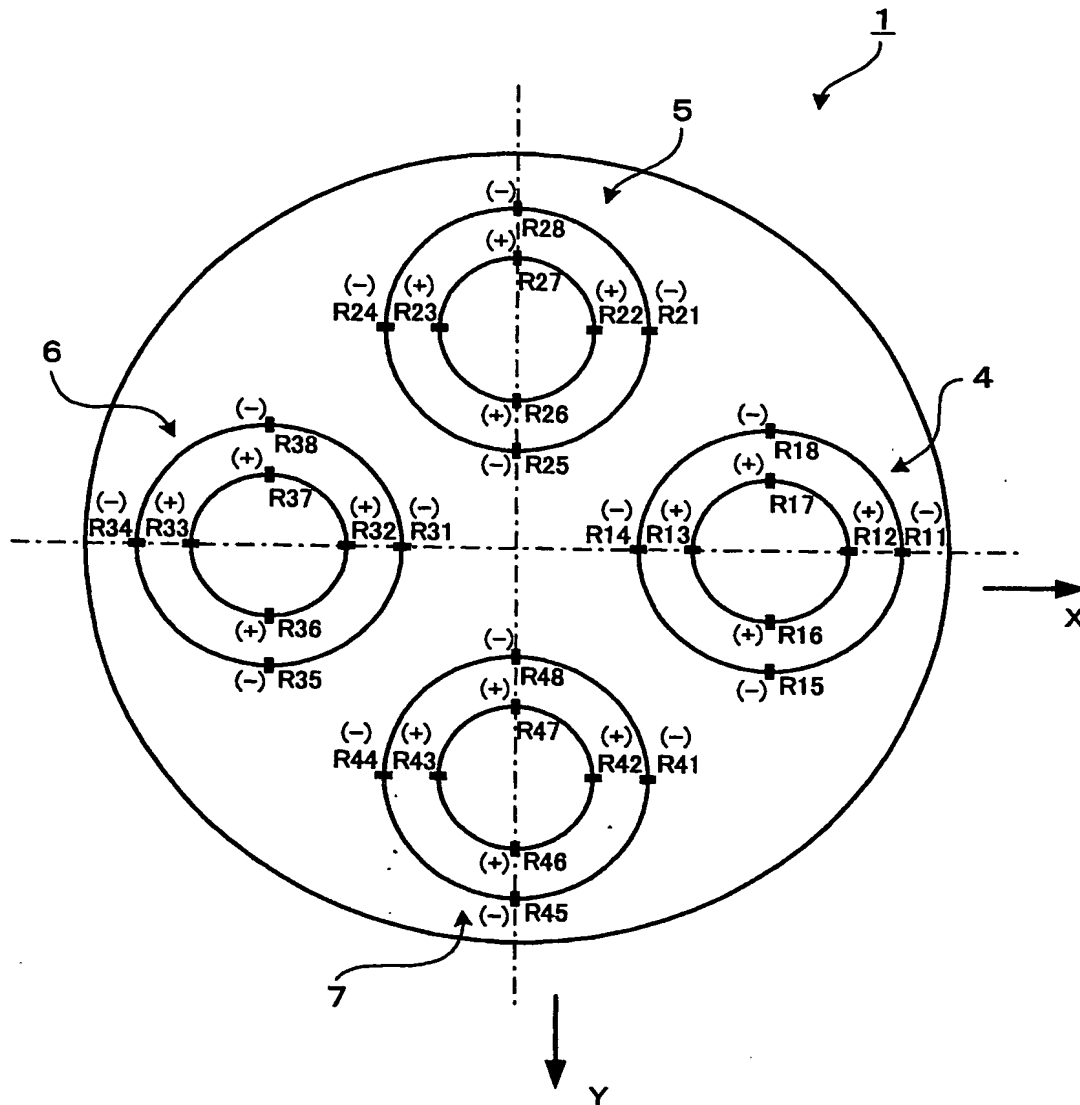
【図 26】



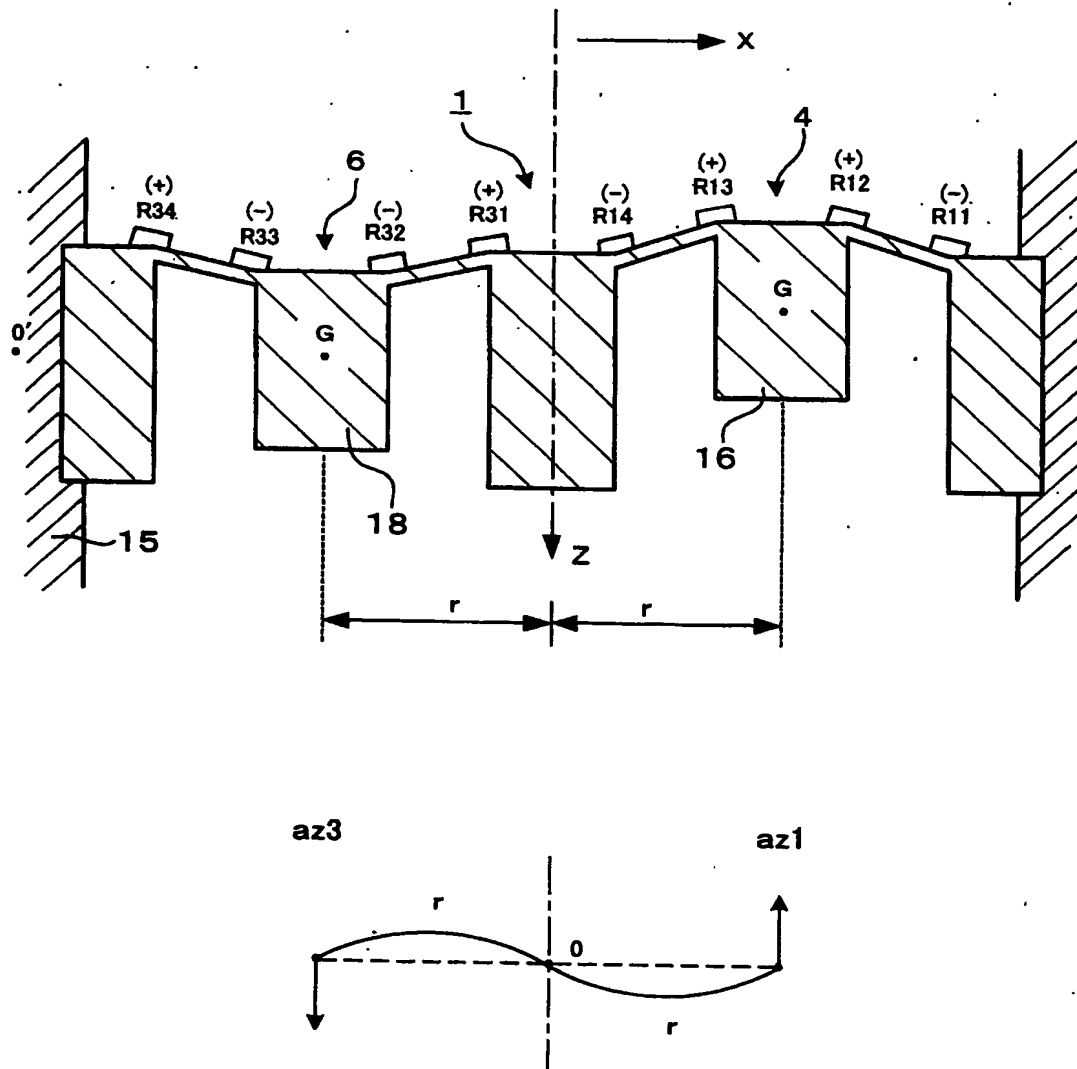
【図 27】



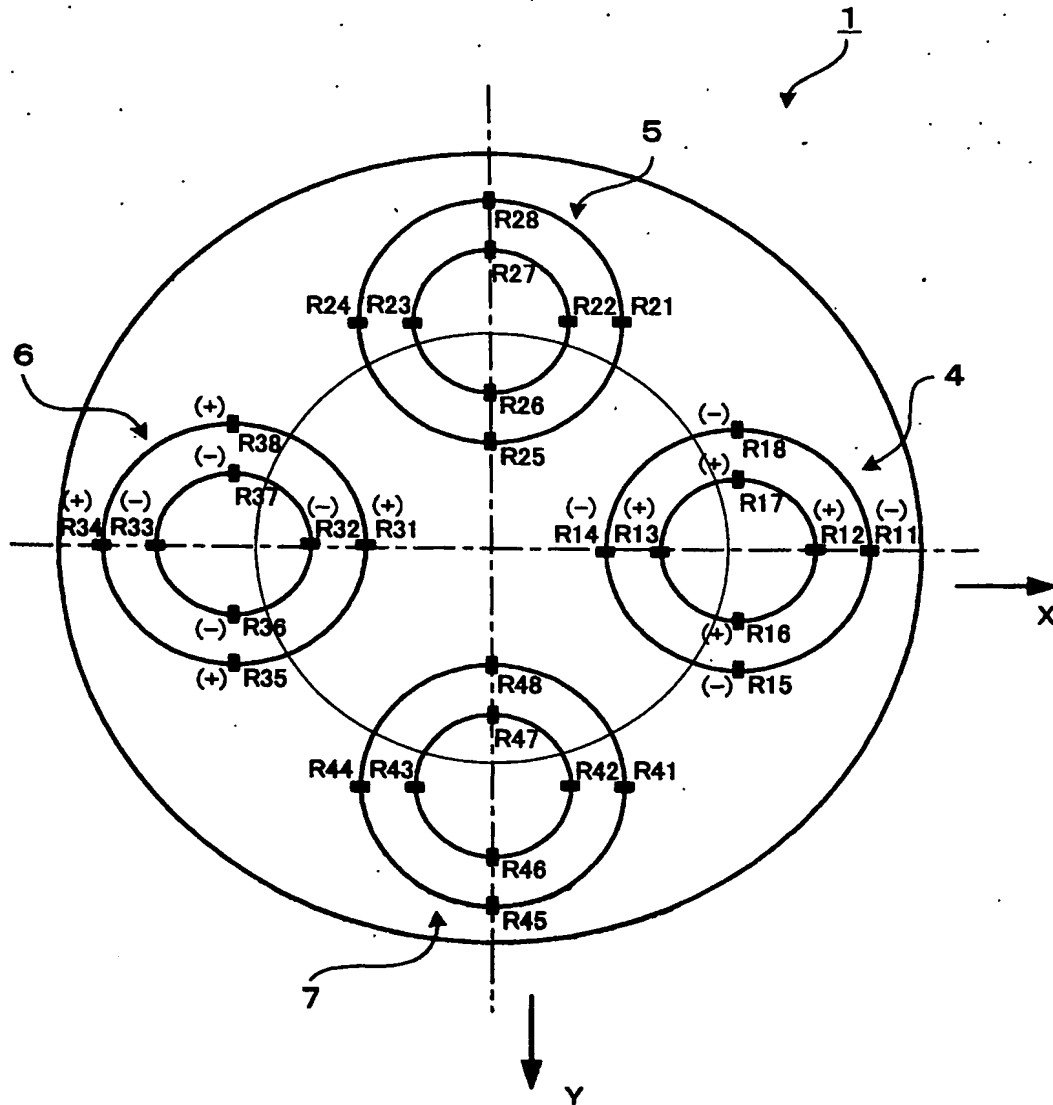
【図 28】



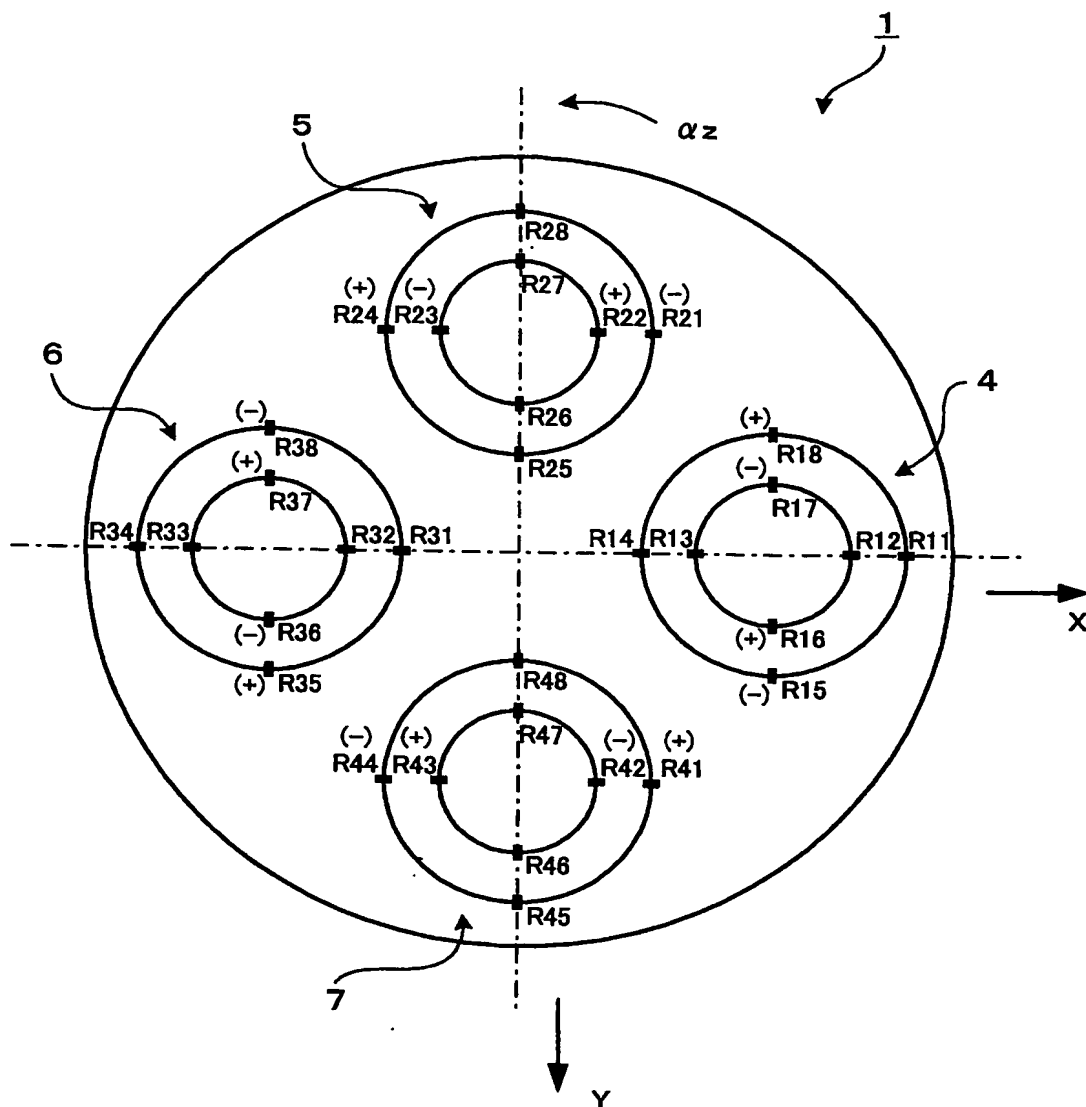
【図 29】



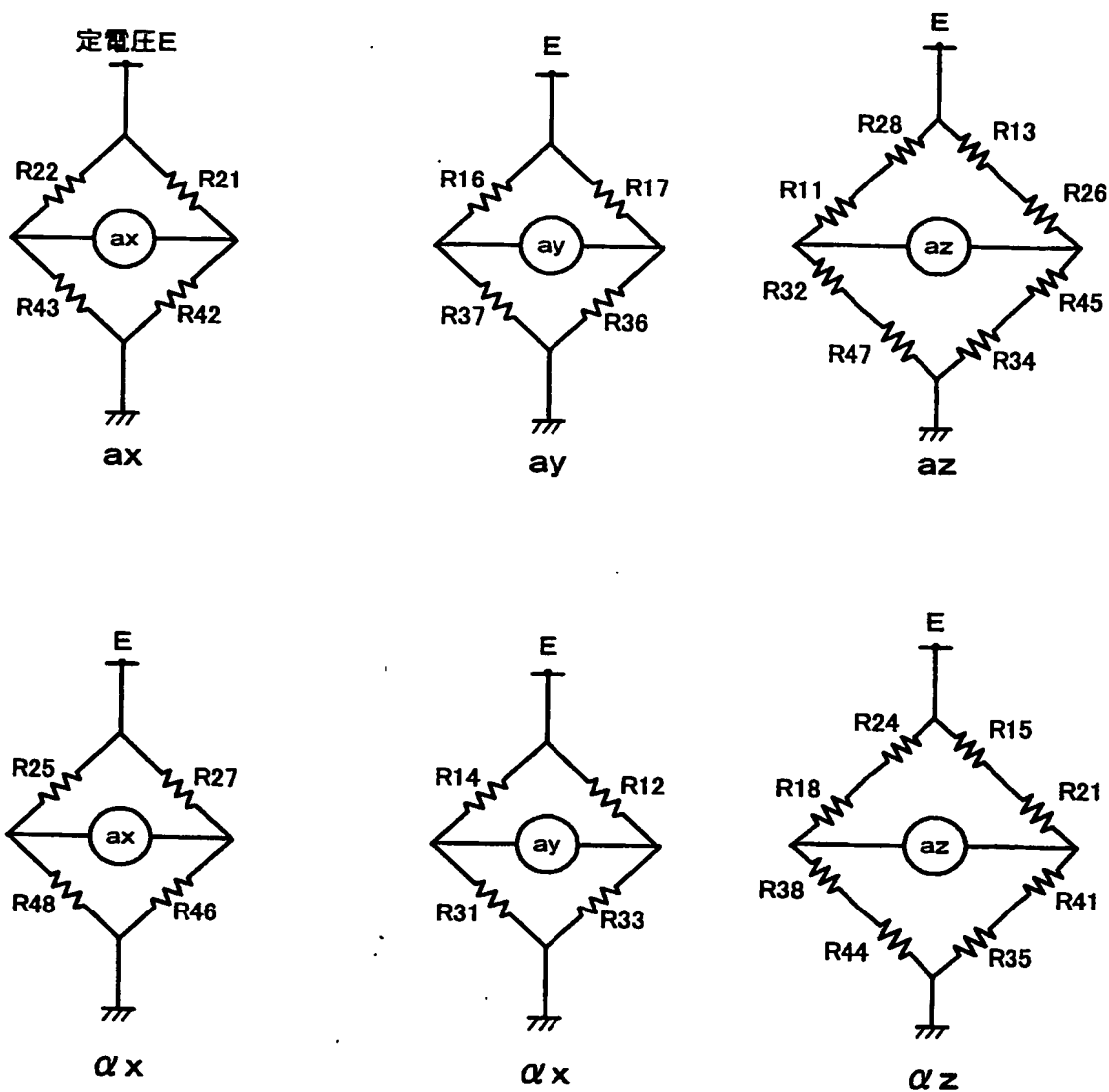
【図 30】



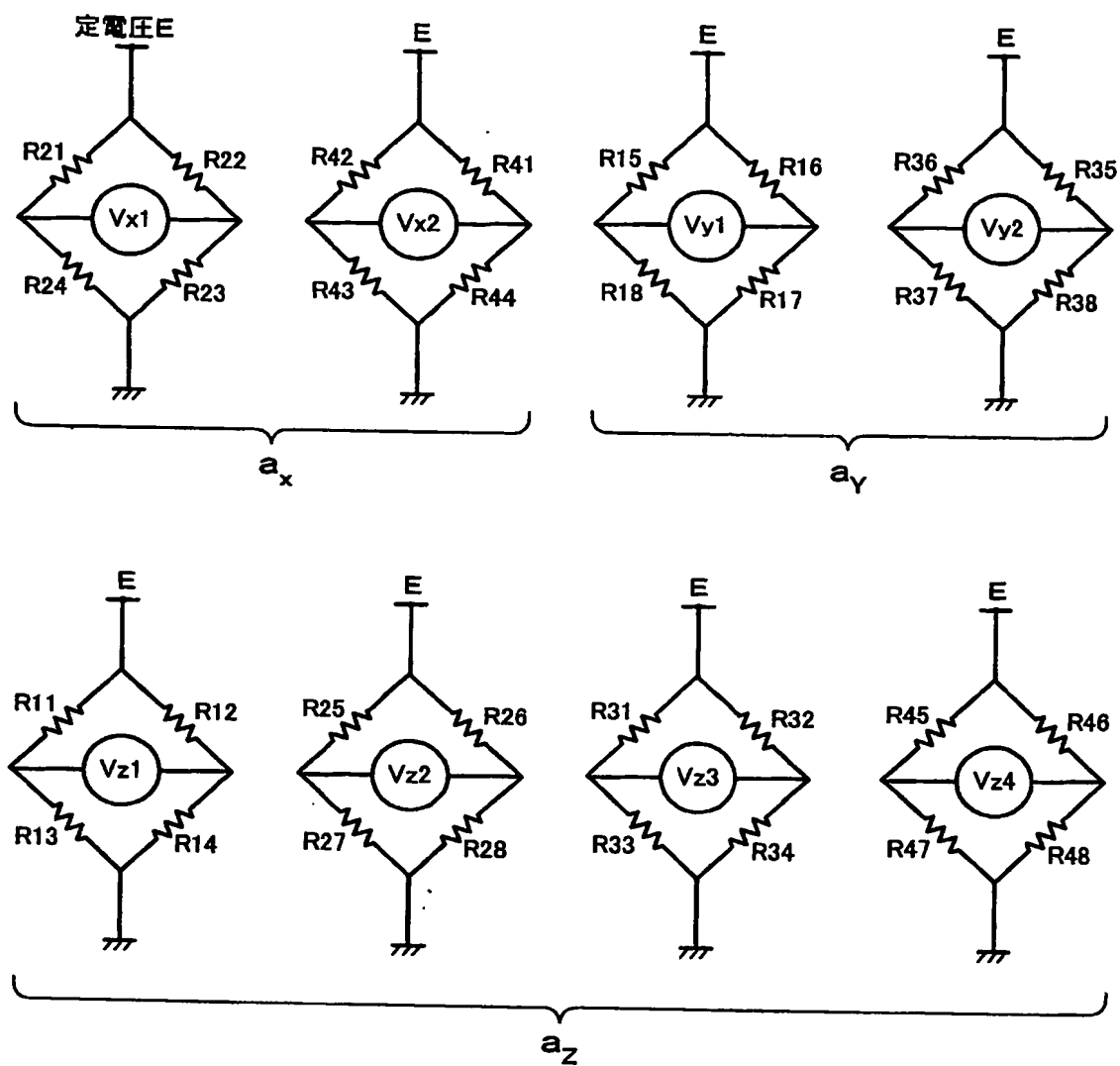
【図 31】



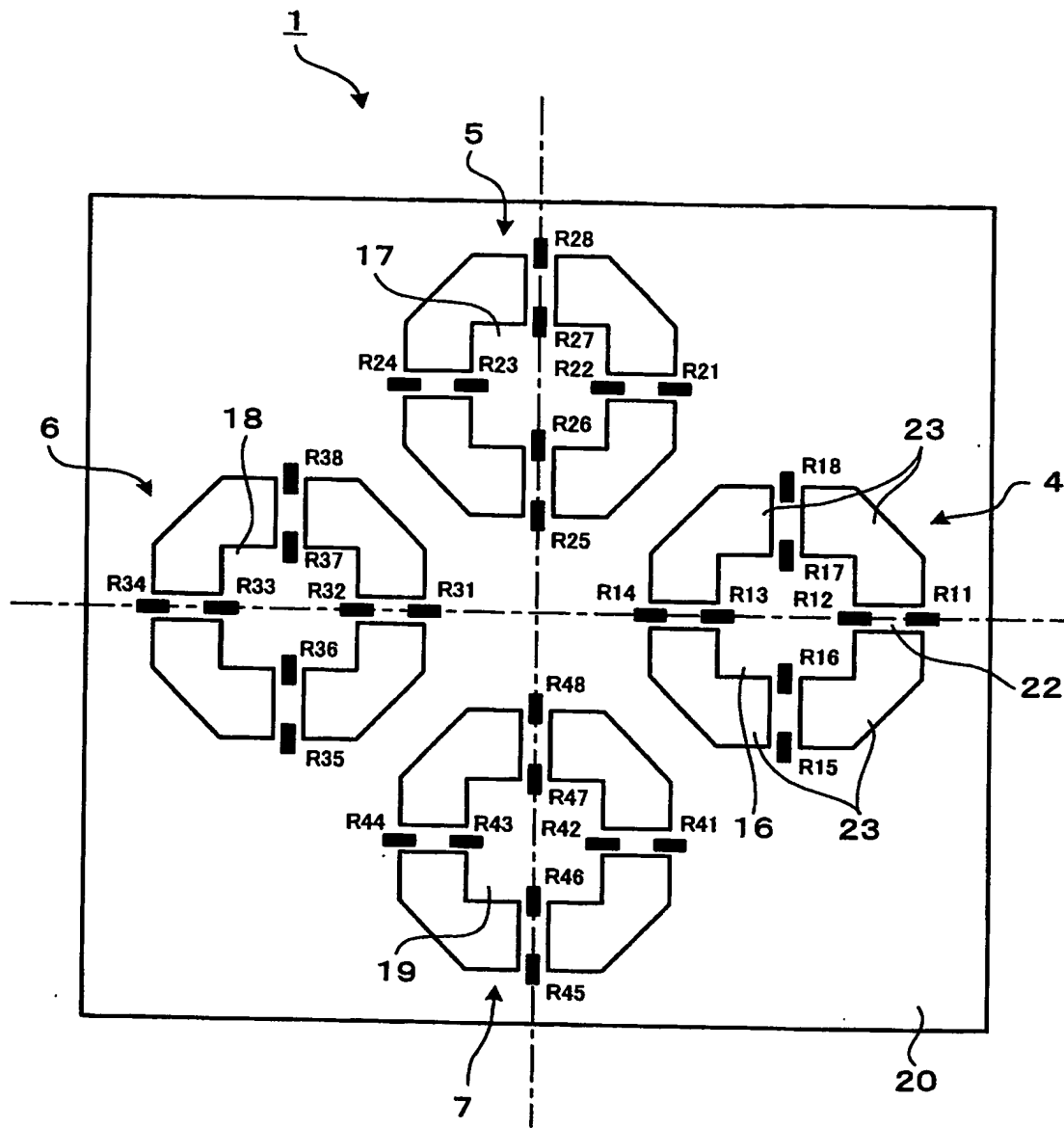
【図 3 2】



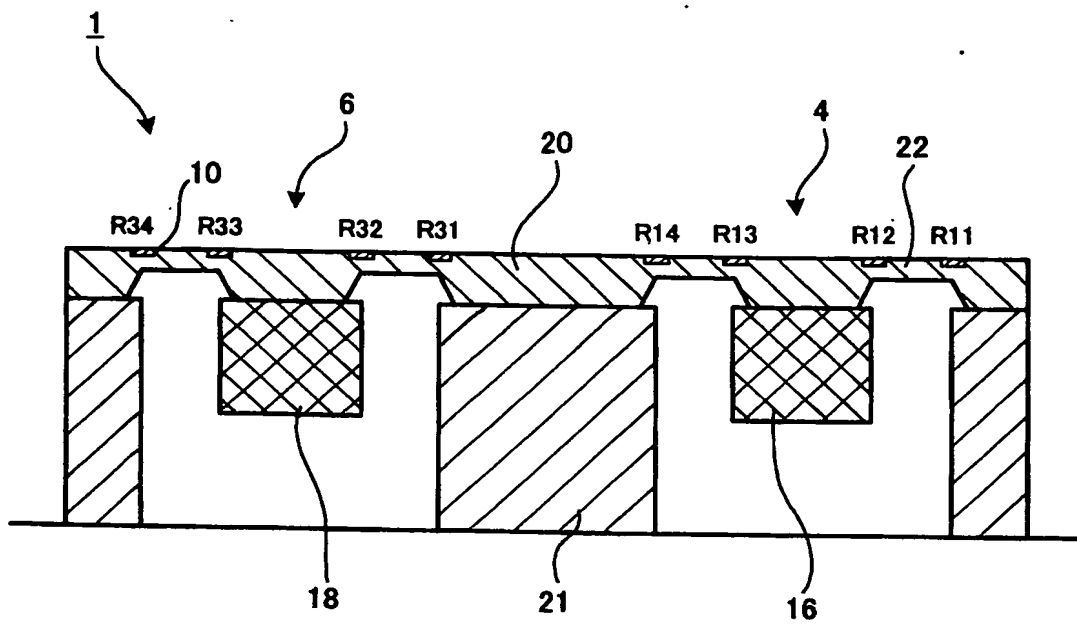
【図 3 3】



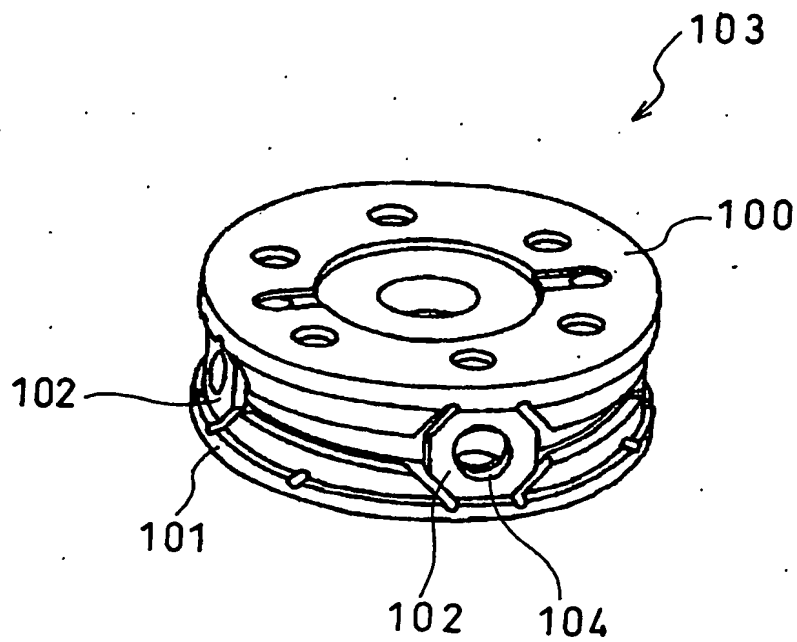
【図 34】



【図 3 5】



【図 3 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 センサ起歪体を簡易な形状にできると共に歪みゲージの取り付け作業を簡単にする。

【解決手段】 外部から加わった多軸の力、モーメント、加速度、角加速度のいずれか1つまたは複数を計測する多軸センサ1において、一平面上に配置された複数の歪みゲージR11～R48を備える。これにより、歪みゲージR11～R48の取り付け作業の時間を短縮することができるので、量産性を良くしてコストを下げることができる。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 3 - 1 7 2 0 4 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 1 1 1 0 8 5]

1. 変更年月日

2 0 0 2 年 2 月 2 1 日

[変更理由]

住所変更

住 所

大阪府大阪市浪速区桜川 4 丁目 4 番 2 6 号

氏 名

ニッタ株式会社